

STAT

Page Denied

Next 2 Page(s) In Document Denied

ALBERT NURNBERG

Infrarot
Photographie

WILHELM BRAAPP VENNE - BAILE (BAILE)

INFRAROT-PHOTOGRAPHIE

VON

ALBERT NÜRNBERG

MIT 117 ABBILDUNGEN



VEB WILHELM KNAPP VERLAG · HALLE (SAALE) 1957

INHALT

EINLEITUNG	9
Sichtbares Licht	9
Körperarbeiten	12
Infrarote Strahlen	13
Larbenempfindlichkeit von photographischen Filmen und Platten	14
Larbenempfindlichkeit von Infrarot-Materialien	15
INFRAROT-MATERIALIEN	17
Handelsformen	17
Sensibilisierung der Agfa-Infrarot-Materialien	17
Gradation	19
Empfindlichkeit	21
Körnigkeit	21
Auflösungsvermögen	22
Lichtschutz	22
Haltbarkeit	23
VERARBEITUNGSVORSCHRIFTEN	24
Einlegen von Platten und Filmen	24
Dunkelkammerbeleuchtung	24
Entwickeln	25
Kontrast	26
Entwickler	26
Helllichtentwicklung	30
Unterbrechung	31
Fixage	31
Wasering	32
Trocknung	33
Übersensibilisierung	33
AUFAHMETECHNISCHE BEFÄNGE	35
Kameras	35
Objektive	35
Einstellung und Blende	37
Aufnahmefilter	41
Belichtung	46

A U S D E R P R A X I S	50
Bildmäßige Infrarot-Aufnahmen	50
Mondlichteffekt-Aufnahmen	55
Fernsichten	68
Durchdringung von trüben Medien	78
Luftbildaufnahmen	83
Portrait-Aufnahmen	85
Reproduktionen von Daguerreotypien	91
Reproduktionen von vergilbten Vorlagen	93
Archäologische Forschungen	96
Reproduktionen von Gemälden	97
Photogrammetrie	100
Dunkelphotographie	102
Aufklärung von Fälschungen	106
Aufnahmen der Kriminalistik	108
Astrophotographie	109
Medizinische Aufnahmen	110
Mikrophotographie	120
Botanische Aufnahmen	125
Mineralogische Aufnahmen	125
Spektralphotographie	126
Warenprüfungen	127
Paläontologische Aufnahmen	128
Literaturhinweise	131
Stichwortverzeichnis	133

VORWORT

Über die Infrarot-Photographie bestehen bei dem Laien und teils auch in den Kreisen, die mit den sonstigen photographischen Verfahren durchaus vertraut sind, unklare, mitunter auch übertriebene Vorstellungen. Andererseits sind die Möglichkeiten zur Anwendung dieses Sondergebietes der Photographie teilweise noch nicht genügend bekannt. Diese Feststellungen ergaben sich aus zahlreichen Diskussionen und Anfragen.

Einen Überblick über die Vielseitigkeit in der Anwendung der Infrarot-Photographie zu geben und auch ihre Grenzen aufzuzeigen, soll die Aufgabe der vorliegenden Arbeit sein. An den Anfang des Buches sind einführende Betrachtungen gestellt worden. Hat sich der Anfänger mit diesen Dingen vertraut gemacht, so werden sich für ihn über die aufgezeigten Anregungen hinaus weitere Möglichkeiten zur Anwendung der Infrarot-Photographie ergeben.

In der Wissenschaft findet die Infrarot-Photographie bereits weitgehende Verwendung. Wenn in der vorliegenden Schrift die einzelnen, der Wissenschaft mit Hilfe der Infrarot-Photographie zugänglichen Gebiete trotzdem Erwähnung finden, so geschieht es, um für diesen besonderen Zweig der Photographie weitere Freunde zu gewinnen.

Durch den Umfang des Gesamtgebietes der Infrarot-Photographie müßten Wissenschaftler und Techniker gewonnen werden, die durch Ratschläge und Mitarbeit zum Gelingen dieses Buches beitragen. Ebenso wäre die Abrundung des Inhalts ohne Unterstützung der in dem Buch genannten Firmen nicht möglich gewesen. Ihnen allen gebührt mein Dank. Sie alle werden mit mir die Gewißheit haben, daß die Infrarot-Photographie eine Verbreitung findet, deren Nutzen bestimmten Gebieten der Wissenschaft und Technik wie auch der Schönheit des Lichtbildes Erfolg verspricht.

Jesnitz, im Dezember 1956.

Albert Nürnberg

EINLEITUNG

Wer sich mit der Photographie beschäftigt, der weiß, daß zur Herstellung jeder photographischen Abbildung die Strahlen des Lichtes benötigt werden. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich um diffuses Licht an bedeckten Tagen handelt oder um die direkten Sonnenstrahlen. Auch die Strahlen aller nur erdenklichen Kunstlichtquellen - Photolampen, Niralampen, Leuchtstoffröhren usw., dienen zur Erzeugung von Photographien. In neuerer Zeit werden in immer steigendem Maße auch die Abstrahlungen von Blitzröhren und -lampen für photographische Zwecke benutzt, in kleinerem Umfang dagegen nur noch Blitzlichtpulver. In allen diesen Fällen handelt es sich um die Strahlen des sichtbaren Lichtes, das je nach der Beleuchtungsart stärker oder schwächer in Erscheinung tritt.

Die Infrarot-Photographie dagegen benötigt im wesentlichen andere, dem menschlichen Auge nicht mehr wahrnehmbare Strahlen, wobei dann auch nicht mehr von Licht gesprochen werden kann. Wenn gesagt wird, im wesentlichen, so ist gemeint, daß jedoch bei vielen Infrarot-Aufnahmen auch noch die langwelligen Strahlen des sichtbaren Lichtes zum Bildaufbau mit herangezogen werden. Diese Erläuterungen erscheinen dem nicht Eingeweihten sicher verwirrend. Um die Zusammenhänge zu verstehen, müssen wir uns deshalb erst einmal mit dem Wesen des Lichtes befassen.

Sichtbares Licht

Licht ist im physikalischen Sinne eine strahlende Energie. Lichtquellen senden Lichtstrahlen aus, die sich wellenförmig mit ganz bestimmter Schwingungszahl fortpflanzen. Wir empfinden Licht durch Reizung der in der Netzhaut des Auges endenden Sehnerven.

Im Rahmen des Gesamtspektrums elektromagnetischer Wellen nimmt das sichtbare Licht nur einen recht geringen Teil ein (Abb. 1).

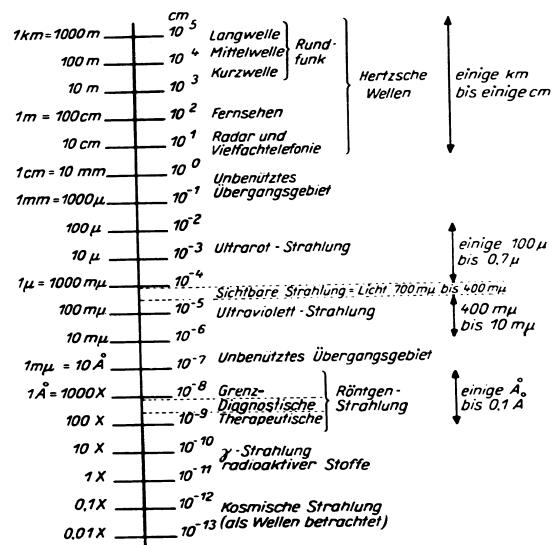


Abb. 1. Gesamtspektrum der elektromagnetischen Wellen nach Prof. Dr. John Eggert, „Einführung in die Röntgenphotographie“.

* Statt Millimikron wird vielfach die neue Bezeichnung nm = Nanometer angewandt.

Auch der kleine Teil des sichtbaren Lichtes zwischen 400 und 700 nm stellt durchaus nichts Gleichmäßiges dar. Er lässt sich genau unterteilen. Fällt beispielsweise Sonnenlicht durch einen schmalen Spalt auf ein Prisma, dann wird der Strahl abgelenkt, und man kann auf einem dahinter angebrachten weißen Schirm in einem dunklen Raum genau feststellen, daß das uns weiß erscheinende Licht in eine ganze Reihe von Farben zerlegt wurde (Abb. 2).

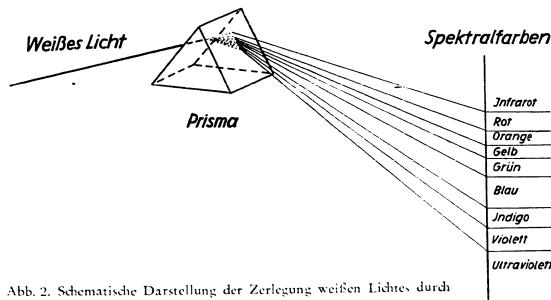


Abb. 2. Schematische Darstellung der Zerlegung weißes Lichtes durch ein Glasprisma.

Die stets in gleicher Farbenfolge auftretende Erscheinung, die uns übrigens auch im Regenbogen begegnet, trägt die Bezeichnung: Spektrum des sichtbaren Lichtes. Wir erkennen, daß das langwellige rote Licht durch das Prisma am wenigsten gebrochen wird. Dann schließen sich Orange, Gelb, Grün, Blau und Indigo an. Das kurzwellige violette Licht wird am stärksten gebrochen. Die Farben sind gegeneinander nicht scharf begrenzt, sondern verlaufen ineinander und nehmen innerhalb des Spektrums verschiedene breite Bereiche ein. Für die „reinen“ Farben gelten allgemein bestimmte Wellenbereiche. Sie sind in dem Schema des Spektrums zu erkennen und lassen sich ungefähr ablesen (Abb. 3).

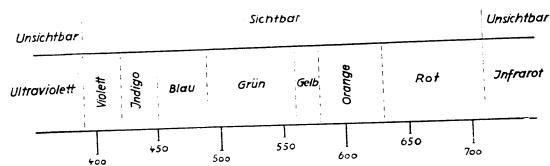


Abb. 3. Schema des Spektrums mit den ungefähren Wellenlängen der Spektralfarben.

An das Spektrum des sichtbaren Lichtes schließt sich nach der einen Seite das kurzwellige unsichtbare Ultraviolett, nach der anderen Seite das ebenfalls unsichtbare Ultrarot oder Infrarot an (s. S. 10, Abb. 1). Das Ultrarot und das langwellige Rot des sichtbaren Lichtes soll uns Dieses Ultrarot und das langwellige Rot des sichtbaren Lichtes soll uns dann für unsere Arbeiten auf dem Gebiete der Infrarot-Photographie besonders interessieren.

Zum sichtbaren Licht muß noch erwähnt werden, daß es nicht immer völlig weiß ist, auch wenn es uns so erscheint. Beispielsweise ist die Farbe des Tageslichtes sehr abhängig von der Jahreszeit, von den atmosphärischen Bedingungen und von der Tagesstunde. Steht die Sonne sehr hoch, dann erscheint das Licht zwar weiß, ist aber in Wirklichkeit sehr bläulich. Bei auf- und untergehender Sonne hat das Licht eine gelbliche bis rötliche Färbung. Glühlampen und auch Photolampen erzeugen ebenfalls ein gelblich-röthliches Licht.

Körperfarben

Wir haben vom Licht gesprochen, und wie Licht in seine Farben zerlegt werden kann. Bei den Farben, denen wir in unserer Umgebung begegnen, handelt es sich nie um spektralreine Farben, sondern um Körperfarben. Es gibt Gegenstände, die uns im Licht weiß, farbig oder schwarz erscheinen, je nach dem Verhältnis, in dem der Körper die Lichtstrahlen reflektiert, d. h. zurückstrahlt, oder sie absorbiert, also verschluckt. Werden nun von einem Körper alle sichtbaren Strahlen der ihn be-

leuchtenden Lichtquelle reflektiert, dann erscheint dieser Körper weiß. Ein Körper erscheint aber farbig, wenn nur bestimmte Anteile des aufgestrahlten sichtbaren Lichtes absorbiert werden; absorbiert er sogar alle Strahlen, so erscheint er uns schwarz.

Mit stark abweichenden Lichtverhältnissen ändert sich das Aussehen bestimmter Gegenstände. Bei Textilien tritt der Farbeindruck je nach der spektralen Zusammensetzung des Lichtes oft stark in Erscheinung.

Infrarote Strahlen

An das langwellige Gebiet des sichtbaren Lichtes schließen sich, wie wir soeben gesehen haben (Abb. 1 und 3), die Wellen des Ultrarot an. Statt der in der Physik gebräuchlichen Bezeichnung „Ultrarot“ hat sich in der photographischen Literatur allgemein das Wort „Infrarot“ durchgesetzt. Das Gebiet dieser unsichtbaren Strahlen reicht von etwa $730 \text{ m}\mu$ bis $100000 \text{ m}\mu = 400 \text{ }\mu$.

Photographisch läßt sich dieser große Bereich aber nicht erfassen. Mit den zur Verfügung stehenden Materialien ist nur das Gebiet bis etwa $1100 \text{ m}\mu$ photographisch verwendbar. Die Erschließung dieses Bereiches bedeutet aber schon einen großen Fortschritt sowohl für die bildmäßige Photographie als auch für außergewöhnliche Arbeiten, besonders für bestimmte Gebiete der Wissenschaft.

Welche strahlenden Körper senden nun Infrarot aus? Von den zur Photographie verwendeten Lichtquellen sind es in erster Linie die Sonne, das Tageslicht allgemein, Nitrallampen und die in der Photographie gebräuchlichen Nitraphotlampen. Auch das Blitzlicht, das als loses Pulver, als Kapsel- oder Beutelblitz im Handel ist, sendet Infrarotstrahlen aus. Ferner Blitzlampen, in denen bei der Betätigung Aluminium oder Magnesium in der Form von Draht oder Folien in Gegenwart von Sauerstoff verbrennt. Auch Blitzröhren strahlen Infrarot ab, allerdings nur weniger. In ihnen entsteht bei der Auslösung das Licht durch die zum Glühen gebrachte Edelgasfüllung. Die in letzter Zeit für die verschiedensten Heiz- und Trockenzwecke sehr verbreiteten Infrarot-Hellstrahler können, wie wir später noch sehen werden, auch für die Infrarot-Photographie Verwendung finden. Infrarot-Dunkelstrahler für Heizzwecke haben für die Infrarot-Photographie praktisch keine Bedeutung. Glühende Körper hoher Temperatur senden ebenfalls infrarote Strah-

len aus, finden aber direkt für photographische Arbeiten nur in seltenen Fällen Verwendung, es sei denn, die Temperatur solcher Körper soll auf photographischem Wege gemessen werden.

Bei der Ausübung der Infrarot-Photographie ist es aber wiederum zu beachten, daß die aufzunehmenden Gegenstände auch infrarote Strahlen absorbieren oder reflektieren können.

Farbenempfindlichkeit von photographischen Filmen und Platten

Bevor wir uns im besonderen mit Infrarot-Platten und -Filmen beschäftigen, sollen photographische Materialien des allgemeinen Bedarfs etwas eingehender besprochen werden. Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse sind auch für die Infrarot-Photographie von Nutzen.

Die in der photographischen Schicht enthaltenen Silbersalze sind von Natur aus nur für Violett und Blau empfindlich. Noch vor einigen Jahren gab es im Handel allgemein Filme und Platten, deren Schicht zehntausend gab, wie wir es in der Aufnahme des Spektrums einer Glühlampe sehen (Abb. 4).

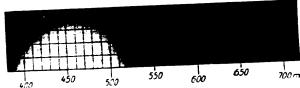


Abb. 4. Aufnahme des Spektrums mit einer unsensibilisierten (farbenblind)en Schicht.

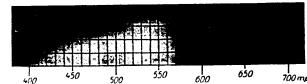
Die Glühlampe hatte eine Farbtemperatur von 3200 K.^a Sie fand auch bei den noch folgenden Aufnahmen des Spektrums Verwendung. Es ist deutlich zu erkennen, daß eine derartige Schicht nur für das sichtbare Gebiet von 390 bis 520 nm empfindlich ist. Den Aufnahmen mit sensibilisierten Filmen und Platten hafetten hinsichtlich der Wiedergabe in Grauwerten naturgemäß noch außerordentlich große Mängel an.

Später wurde die Sensibilisierung von Photoschichten üblich, die durch den Zusatz kompliziert zusammengesetzter Farbstoffe zur Emulsion erfolgt. Der Gebrauch von orthodchromatischen Filmen und Platten stellte gegenüber den unsensibilisierten Materialien bereits einen Fortschritt dar. Außer Violett und Blau werden von orthodchromatischem Material

^a Kelvin Skala: Temperaturskala, die von dem Physiker Kelvin aufgestellt wurde. Sie beginnt mit -273,16° C, dem absoluten Nullpunkt. 0° C entsprechen 273,16° K.

Grün und Gelb erfaßt. Der erweiterte Empfindlichkeitsbereich geht von 390 bis 580 nm. Dadurch ist die Farbwiedergabe in ihren Grauwerten

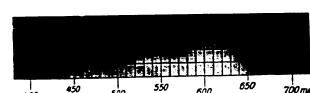
Abb. 5. Aufnahme des Spektrums mit einer orthodchromatischen Schicht.



schnell wesentlich verbessert worden. Heute haben aber auch diese Materialien schon wieder an Bedeutung verloren und finden nur noch in geringem Maße Verwendung.

Das Bestreben, ein photographisches Aufnahmematerial zu schaffen, das der Augenempfindlichkeit sehr nahe kommt, führte über panchromatische Filme und Platten zum jetzt allgemein üblichen orthopanchromatischen Material. Es bietet den Vorteil, nicht nur beim Tageslicht oder ihm ähnlichen Lichtquellen mit bestem Erfolg verwendbar zu sein. Die orthopanchromatische Schicht ist durch ihre zusätzliche Rotempfindlichkeit ebenfalls für gelbliches und röthliches Kunstlicht sehr gut geeignet. Gegenüber unsensibilisiertem und orthodchromatischem Material wurde der Bereich also wieder erweitert, und zwar bis zum Rot von etwa 665 nm (Abb. 6).

Abb. 6. Aufnahme des Spektrums mit einer orthopanchromatischen Schicht.



Farbenempfindlichkeit von Infrarot-Materialien

Infrarot-Materialien unterscheiden sich von anderen photographischen Filmen und Platten in erster Linie durch ihre besondere Sensibilisierung. Auf Grund umfangreicher Forschungen hervorragender Wissenschaftler werden von einzelnen Fabriken Infrarot-Materialien hergestellt. Besonders interessieren uns die Erzeugnisse des VEB Filmfabrik Agfa Wolfen. Außerdem stellen folgende Firmen Infrarot-Materialien her: Eastman Kodak Co. (USA), Gevaert (Belgien), Ferrania (Italien), Ilford

(England) und Guilleminot (Frankreich). Da die Infrarot-Materialien nur für die ganz besonderen Forderungen der Infrarot-Photographie hergestellt werden, ist es auch nicht zu erwarten, daß es sich dabei um ein Vielzweckmaterial handelt. Gewiß wäre es ideal, wenn sich ein in der Kamera befindlicher Film gleichzeitig für normale und Infrarot-Aufnahmen eignen würde. Dem ist aber nicht so.

Die unsensibilisierte Grundeulsion ist, wie wir schon gesehen haben (Abb. 4), nur für Violett bis Blau, kaum noch für Grün, empfindlich. Die zur Sensibilisierung für Infrarot-Materialien verwendeten Farbstoffe schaffen eine zusätzliche Empfindlichkeit entweder für das sichtbare Rot und das Infrarot oder, wie wir noch sehen werden, nur für Infrarot. Es fehlt also die Empfindlichkeit für Grün, Gelb und Orange vollständig. Daraus ergibt sich, daß bei Verwendung von Infrarot-Filmen und -Platten ohne Filter für gewöhnliche Aufnahmen keine besseren Ergebnisse zu erwarten sind als mit den unsensibilisierten Materialien der Vergangenheit.

Vergegenwärtigen wir uns diese Verhältnisse im Spektrum, so erkennen wir am Agfa-Infrarapid-Film 750 eine Empfindlichkeit im violetten und blauen Teil und eine zusätzliche Empfindlichkeit im sichtbaren Rot (Abb. 7). Erst im infraroten Gebiet steigt die Empfindlichkeit bei 720 m μ

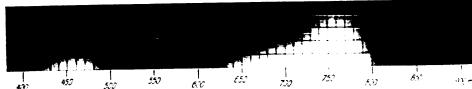


Abb. 7. Spektrum des Agfa-Infrarapid-Films 750, welches die Empfindlichkeit im blauen und infraroten Gebiet erkennen läßt.

an und erreicht das Maximum bei 750 bis 760 m μ . Die ausnutzbare Empfindlichkeit erstreckt sich aber noch bis mindestens 800 m μ . Durch entsprechend gelenkte Sensibilisierungen ist bei anderen Infrarot-Materialien, die wir im übernächsten Abschnitt kennenlernen werden, die Empfindlichkeit teilweise sowohl im Gebiet des sichtbaren Rot und im Infrarot als auch nur im Infrarot anders gelegt worden.

INFRAROT-MATERIALIEN

Handelsformen

Für die Kennzeichnung der im Handel befindlichen Infrarot-Materialien ist die Angabe der Wellenlänge des ungefährnen Empfindlichkeitsmaximums üblich. Außerdem werden Platten vom Hersteller noch mit der Bezeichnung Rapid oder Hart geliefert. Diese Eigenschaften sollen noch gesondert behandelt werden. Die Plattenpackungen enthalten 12 Stück und werden in den Formaten 6,5 × 9, 9 × 12, 13 × 18 und 18 × 24 cm hergestellt. Den Agfa-Infrarapid-Film 750 gibt es als Kleinbildfilm in Patronen und als Meterware in Längen von 5 m, für kinematographische Zwecke (35 mm breit) aber auch in Rollen von 120 oder 300 m. Es ist wichtig, stets die Sensibilisierung der einzelnen Sorten zu kennen, um sie danach für die bestimmten Aufgabengebiete einzusetzen zu können. Aus den positiven Abbildungen 8–18 ist die spektrale Empfindlichkeit der Agfa-Infrarot-Materialien zu ersehen. Die erforderliche Dauer der Belichtung war für die einzelnen Spektren sehr unterschiedlich, da die Empfindlichkeit bei den Infrarot-Platten um so geringer ist, je weiter das Sensibilisierungsmaximum im langwelligen Gebiet liegt (s. auch S. 21).

Sensibilisierung der Agfa-Infrarot-Materialien

Die Lage der spektralen Empfindlichkeit und des wirklichen Empfindlichkeitsmaximums sind in der Tabelle zusammengestellt:

Bezeichnung	spektrale Empfindlichkeit	wirkliches Maximum
Agfa-Infrarot-Platte 700 Rapid	620 bis 750 m μ	720 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 700 Hart	620 bis 750 m μ	720 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid	660 bis 830 m μ	770 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 750 Hart	660 bis 790 m μ	755 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid	700 bis 855 m μ	820 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 800 Hart	730 bis 860 m μ	830 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid	700 bis 890 m μ	850 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 850 Hart	720 bis 900 m μ	860 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 950	750 bis 970 m μ	930 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 1050	780 bis 1100 m μ	1050 m μ
Agfa-Infrarapid-Film 750	630 bis 805 m μ	760 m μ

Aufnahmen der Spektren.

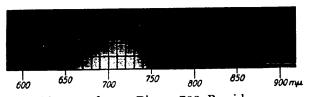


Abb. 8. Infrarot-Platte 700 Rapid.

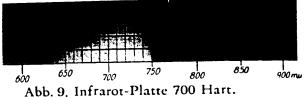


Abb. 9. Infrarot-Platte 700 Hart.

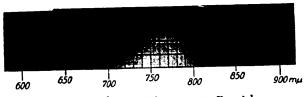


Abb. 10. Infrarot-Platte 750 Rapid.

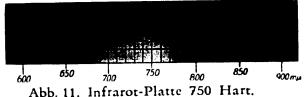


Abb. 11. Infrarot-Platte 750 Hart.

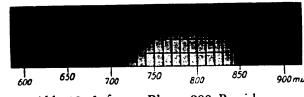


Abb. 12. Infrarot-Platte 800 Rapid.

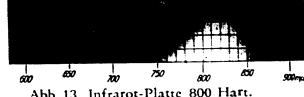


Abb. 13. Infrarot-Platte 800 Hart.

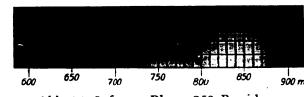


Abb. 14. Infrarot-Platte 850 Rapid.

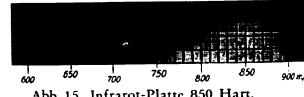


Abb. 15. Infrarot-Platte 850 Hart.

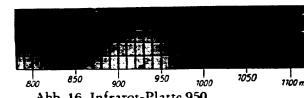


Abb. 16. Infrarot-Platte 950.

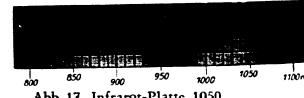


Abb. 17. Infrarot-Platte 1050.

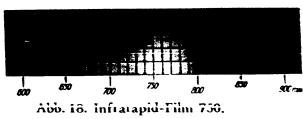


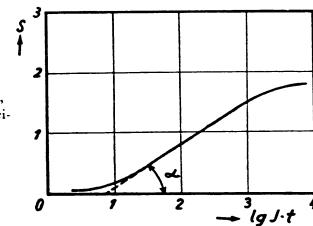
Abb. 18. Infrarapid-Film 750.

Gradation

Neben der Sensibilisierung ist auch die Gradation ein wichtiges Merkmal für Infrarot-Platten und -Filme. Sie wird bestimmt, indem man das Material einer bekannten stufenweisen Belichtung unterwirft, nach der Verarbeitung die Schwärzungen photometrisch ausmisst und die ermittelten Werte auf ein Koordinatensystem überträgt. Auf der Abszisse werden die Belichtungsstufen und auf der Ordinate die Schwärzungen eingezeichnet, beide als logarithmische Werte. Wird der geradlinige Teil der entstandenen Kurve nach unten verlängert, so bildet diese Gerade mit der waagerechten Achse des Koordinatensystems den Winkel α (Alpha) (Abb. 19). Der Tangenswert dieses Neigungswinkels wird mit dem griechischen Buchstaben γ (Gamma) bezeichnet.

Abb. 19.

— Schema einer Schwärzungskurve,
-- Verlängerung des geradlinigen Teiles.



Das Gamma ist allgemein ein Kennzeichen für die Gradation photographischer Materialien. Hohe Gammawerte sind gleichbedeutend mit steilen, niedrige Gammawerte mit flachen Emulsionen. In der allgemeinen Photographie wird mit einem Gamma von 0,6 bis 0,9 gearbeitet, in der Infrarot-Photographie aber mit höheren Gammawerten. Die dargestellten Gradationskurven (Abb. 20) zeigen die Unterschiede zwischen den Agfa-Infrarot-Platten. Sie sollen nur ein Beispiel für die Sortengruppen „Rapid“ und „Hart“ sein.

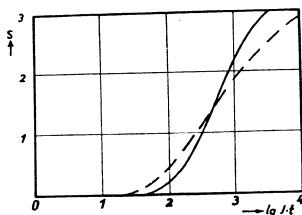


Abb. 20. Schwärzungskurven von Infrarot-Platten.
— Agfa-Infrarot-Platte 750 Hart, Gamma 2.4,
---- Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid, Gamma 1.5,
entwickelt 5 Min. in Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1 + 5.
Die Schwärzungskurven sind ohne Schleier aufgetragen.

Dem neuen Agfa-Infrarapid-Film 750 mit gesteigerter Empfindlichkeit ist eine steile Gradation eigen. Hier sind je nach der Entwicklung besonders unterschiedliche Gammawerte zu erzielen (Abb. 21).

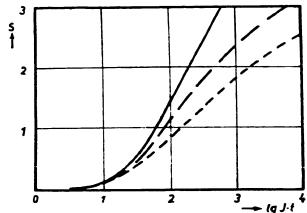


Abb. 21. Schwärzungskurven von Agfa-Infrarapid-Film 750.
— entwickelt 5 Min. in Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1 + 5, Gamma 2.4
— entwickelt 10 Min. in Agfa-Final, Gamma 1.4
--- entwickelt 10 Min. in Agfa-Atomal F, Gamma 0.9.
Die Schwärzungskurven sind ohne Schleier aufgetragen.

Die Schwärzungskurven der Abbildungen 20 u. 21 wurden durch Beleuchtung des Infrarot-Materials mit Nitrallicht unter Vorschaltung des Agfa-Filters Nr. 83 erhalten. Das Filter schaltete die Strahlen des sichtbaren Lichtes aus.

Die Beeinflussung der Gradation durch die Dauer der Entwicklung und durch die Art des Entwicklers wird in dem Abschnitt Entwickeln von Infrarot-Materialien noch eingehender behandelt (s. S. 25).

Empfindlichkeit

Für photographisches Material des normalen Bedarfs, worunter Filme und Platten für Außen-, Innen-, Architektur-, Porträt-, Sport-, Reportageaufnahmen u. ä. zu verstehen sind, wird von den Herstellern dieser Sorten in Deutschland die Empfindlichkeit in DIN-Grade angegeben. Die Bedingungen sind in dem Normblatt 4512 (Negativ-Material für bildmäßige Aufnahmen, Bestimmung der Lichtempfindlichkeit) festgelegt. Für die Prüfungen schreibt das Normenblatt u. a. eine bestimmte Glühlampe als Lichtquelle vor, deren Strahlen durch ein Flüssigkeitsfilter eine genau korrigierte spektrale Zusammensetzung haben, die dem mittleren mittäglichen Sonnenlicht des Breitengrades von New York entsprechen.

Infrarot-Filme und -Platten werden in der Praxis mit Hilfe der verschiedenartigsten Lichtquellen belichtet. Dazu kommt, daß Infrarot-Material, wie wir schon erfuhren, eine ganz andere Farbempfindlichkeit besitzt als normale photographische Schichten, und schließlich werden Infrarot-Aufnahmen praktisch stets in Verbindung mit besonderen Aufnahmefiltern verwendet, die das sichtbare Licht völlig oder zum größten Teil ausschalten. Deshalb ist eine Empfindlichkeitsangabe für Infrarot-Materialien nach DIN-Graden nicht möglich. Es können nur vergleichende Werte im Zusammenhang mit einer photographischen Emulsion, deren Empfindlichkeit bekannt ist, gegeben werden. Diese Angaben erfolgen unter dem Abschnitt Aufnahmefilter (s. S. 47/48).

Infrarot-Platten sind um so geringer empfindlich, je weiter das Sensibilisierungssmaximum in das langwellige Gebiet reicht. Die mit „Rapid“ bezeichneten Agfa-Infrarot-Platten sind in der Regel, je nach dem verwendeten Filter, annähernd doppelt so empfindlich wie die Sorten „Hart“ für die gleiche Wellenlänge. Der Agfa-Infrarapid-Film 750 dagegen ist eine Ausnahme. Er ist etwa viermal so empfindlich wie die entsprechenden Rapid-Platte.

Körnigkeit

Für bestimmte Arbeiten mit Infrarot-Materialien, besonders für wissenschaftliche Zwecke, ist es notwendig, die Körnigkeit der einzelnen Sorten zu kennen.

Die Schwärzungen einer photographischen Schicht bauen sich aus einzelnen Silberkörnern auf, deren Verteilung als Körnigkeit bezeichnet

wird. Die Körnigkeit ist bedingt durch die Korngröße des Silberhalogenides in der unentwickelten Schicht, durch die Art des verwendeten Entwicklers (Rapidentwickler, Feinkormentwickler, Feinstkormentwickler), durch die Temperatur des Entwicklers und durch die Dauer der Entwicklung.

Mit einem Rapidentwickler (Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung, 1+5 mit Wasser verdünnt, 5 Minuten entwickelt) haben Agfa-Infrarot-Platten mit der Bezeichnung „Hart“ bei der Schwärzung S (= 0,5) einen mittleren Korndurchmesser von 1,05 μ und die Platten „Rapid“ einen solchen von 1,2 μ . Der Agfa-Infrarapid-Film 750 hat einen mittleren Korndurchmesser von 0,95 μ .

Auflösungsvermögen

Auch das Auflösungsvermögen der Infrarot-Schichten ist besonders für wissenschaftliche Arbeiten von Bedeutung. Es hängt von bestimmten Emulsionseigenschaften, besonders von der Körnigkeit, der Schichtdicke, der Lichthoffreiheit und wiederum von der Entwicklung ab.

Man versteht unter Auflösungsvermögen die Zahl von Linien pro Millimeter, die nach der Aufnahme eines Stridhasters von der photographischen Schicht so wiedergegeben werden, daß das Raster noch als solches zu erkennen ist.

Aufnahmen eines Prüfrasters nach Foucault ergeben nach der Auswertung am Mikroskop für die Agfa-Infrarot-Platten „Hart“ und den Agfa-Infrarapid-Film 750 ein Auflösungsvermögen von 60 bzw. 65 Linien pro Millimeter und 40-45 Linien für die Sorten „Rapid“, wenn sie 5 Minuten in Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1+5 entwickelt werden (s. auch S. 20). Diese Auflösung bedeutet, daß sie für die Sorten „Hart“ und den Infrarapid-Film 750 etwa gleich den hochempfindlichen orthopanchromatischen Aufnahmematerialien ist.

Lichthofschatz

Die Agfa-Infrarot-Platten werden ohne Lichthofschatz geliefert. Die üblichen Rückshichten bei Platten und Planfilmen, die allgemein den Reflexionslichthof verhindern sollen, stellen für Infrarot-Materialien

keinen geeigneten Schutz dar, da die langwelligen Infrarotstrahlen die farbigen und trüben Medien des Lichthofschatzes durchdringen. Im Interesse einer guten Auflösung sollten daher Aufnahmen, bei denen es auf diese Eigenschaften besonders ankommt, möglichst richtig belichtet werden. Überbelichtungen würden Überstrahlungen hervorrufen, die auf Reflexionen zurückzuführen sind und ein ungünstiges Auflösungsvermögen vortäuschen.

Der Agfa-Infrarapid-Film 750 wird auf grauer Unterlage geliefert, die vor allem den Lichteinfall durch das Patronenmaul verhüten soll.

Haltbarkeit

Infrarot-Materialien sind nur begrenzt haltbar. Die Filmfabrik Agfa Wolfen gibt für alle Infrarot-Plattensorten „Hart“ und für den Infrarapid-Film 750 eine Laufzeit von 6 Monaten an. Die Sorten „Infrarot-Rapid“ bis 850 haben eine Haltbarkeit von 5 Monaten. Diese Zeiten gelten für die Aufbewahrung bei Temperaturen unter 18°C und einer relativen Feuchte von 50 bis 60%. 1½ Monate hält sich die Infrarot-Platte 950 und einen Monat die Platte 1050*. Bei Überschreitung der genannten Laufzeiten steigt der Schleier an, und die Empfindlichkeit im Infrarot geht zurück.

Die Haltbarkeit läßt sich erhöhen, wenn die Materialien in Kühl-, notfalls in Eisschränken aufbewahrt werden. Allerdings müssen die Packungen unbedingt in luftdicht verschließbare Gefäße eingelagert werden. Es eignen sich dazu passende Blechgefäß, die mit Isolierband verschlossen werden, oder auch Konservengläser, die sich mit einem Gummiring abschließen lassen. Vorteilhaft lagert man in die Gefäße eine geringe Menge hygroskopischer Mittel (Silikagel, getrocknete Reiskörner) mit ein, um dem Raum das sich bei tiefen Temperaturen bildende Kondenswasser zu entziehen. Sollen kühl gelagerte Materialien verarbeitet werden, so sind sie vorher einige Stunden der Temperatur des Raumes anzugeleichen, in dem die Aufnahmen gemacht werden sollen.

* Die Agfa-Infrarotplatte 1050 mußte sich früher beim Transport auf größere Entfernung in einer Umgebung von fester Kohlensäure befinden. Durch eine neue Sensibilisierung genügt jetzt eine Lagerung um 0°C.

VERARBEITUNGSVORSCHRIFTEN

Einlegen von Platten und Filmen

Platten müssen zur Aufnahme naturgemäß in die passenden Kassetten eingelegt werden. Diese Arbeit wird am besten bei völliger Dunkelheit vorgenommen. Die Platten müssen entsprechend der Konstruktion der Kassetten eingelegt werden, und zwar so, daß die Schichtseite bei der Aufnahme dem Objektiv zugekehrt ist. Die Schichtseite ist an der etwas rauen Oberfläche, die man beispielsweise mit dem trocknen Handballen abfühlen kann, leicht von der Glasseite zu unterscheiden. Außerdem werden die Agfa-Platten paarweise zwischen Papierlaschen stets so gepackt, daß die Emulsionsseiten einander zugekehrt sind. Vorsicht ist bei Verwendung von Holzkassetten für Infrarot-Platten geboten. Holz kann bei hellem Licht, dem die Kassetten ausgesetzt werden, Infrarotstrahlen durchlassen. Verschleierungen sind die unausbleibliche Folge. Eingelegte Platten längere Zeit in Kassetten aufzubewahren, ist nicht ratsam.

Der Agfa-Infrarapid-Film 750 in Patronen sollte stets nur bei gedämpftem Licht in die Kamera eingesetzt werden, um das Eindringen von Fremdlicht durch das Patronenmaul zu verhüten.

Dunkelkammerbeleuchtung

Für die Verarbeitung in der Dunkelkammer kann nur eine sichere Beleuchtung Verwendung finden. Die Agfa schreibt für die von ihr hergestellten Infrarot-Materialien zuverlässige Dunkelkammerschutzfilter vor, die nur mit Lampen bestimmter Wattzahl verwendet werden dürfen.

Material	Agfa-Dunkelkammerschutzfilter	Lampe u. Abstand	Beleuchtung
Infrarot-Platten 700 u. 750	108 dunkelgrün	15 Watt 75 cm	direkt
Infrarot-Platten 800	108 dunkelgrün	15 Watt 75 cm	indirekt
Infrarapid-Film 750	114 hellgrün	Glimmlampe 75 cm	direkt
Infrarot-Platten 850, 950, 1050			

Das Licht dieser Dunkelkammerbeleuchtungen ist immerhin nur sehr spärlich. Man sollte sich vor der Entwicklung erst einige Minuten in der Dunkelkammer aufzuhalten, damit sich das Auge adaptieren kann. Besser und zuverlässiger lassen sich Infrarot-Materialien unter Verwendung der Helllichtentwicklung verarbeiten, die noch gesondert besprochen werden soll (s. S. 30).

Entwickeln

Je nach dem angestrebten Kontrast ist für Infrarot-Materialien der entsprechende Entwickler zu wählen. Wir haben unter dem Abschnitt Gradation gesehen, welche Gammawerte mit den Agfa-Infrarot-Platten „Rapid“ bzw. „Hart“ und dem Agfa-Infrarapid-Film 750 bei Verwendung der Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung in der Verdünnung 1+5 zu erzielen sind.

Für die zur bildmäßigen Photographie dienenden Schichten, das sind die Plattsensoren Rapid und auch der Infrarapid-Film, muß dieser Kontrast als hoch bezeichnet werden. So hohe Gammawerte sind aber nicht immer erwünscht. In vielen Fällen wird ein geringerer Kontrast angestrebt werden müssen, wobei für die Infrarot-Photographie ein Gamma von 0,8 bis 1,0 als normal gilt. In außergewöhnlichen Fällen wird ein noch geringerer Kontrast erforderlich sein. Gammawerte von 0,6 bis 0,7 bezeichnen wir für diesen besonderen Zweig der Photographie als niedrig. Durch Verkürzung der Entwicklungszeit lassen sich in jedem Entwickler niedere Gammawerte erzielen. Allerdings geht bei dieser Methode ein nicht unbedeutender Teil an Empfindlichkeit verloren. Einen solchen Empfindlichkeitsverlust können wir uns aber in der Infrarot-Photographie allgemein nicht erlauben. Deshalb werden zur Erzielung eines niederen Gammawertes Entwickler verwendet, die diesen Forderungen entsprechen, hinsichtlich der Empfindlichkeit aber alles herausholen. Es wird eine Reihe von erprobten Entwicklern genannt, die zu den eben besprochenen Kontrasten führen. Als Entwicklertemperatur sollen stets 18° C eingehalten werden. Liegt die Temperatur niedriger, geht wiederum Empfindlichkeit verloren. Bei höheren Temperaturen tritt leicht Schleierbildung auf.

Kontrast

Entwickler	Zeit in Minuten	Kontrast
Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1 + 5	4 bis 5	hoch
Agfa 1	4 bis 5	hoch
Agfa-Final	8 bis 10	normal
Agfa-Rodinal 1 + 20	5 bis 6	normal
Agfa-Rodinal 1 + 40	9 bis 10	gering
Agfa-Atomic F	8 bis 10	gering
Agfa-Denal	12	gering
Agfa 12	12 bis 15	gering
Agfa 14	15 bis 18	gering
Agfa 15	8 bis 10	gering

Infrarot-Platten „Hart“ werden allgemein nur in solchen Fällen genommen werden, in denen es auf möglichst harte Abbildungen ankommt. Auch die Entwicklung muß dann so gesteuert werden, daß dieses Ziel erreicht wird. Dazu dienen die Entwickler Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1 + 5 und Agfa 1.

Agfa-Infrarot-Platten 950 und 1050 nehmen bezüglich der Entwicklung eine Sonderstellung ein. Sie werden vorteilhaft 10 bis 12 Minuten in dem Glycin-Entwickler Agfa 8 entwickelt und führen dann zu normalem Kontrast.

Alle aufgeführten Entwicklungszeiten beziehen sich für Platten auf die Entwicklung in der Schale und für den Infrarapid-Film 750 auf die Verarbeitung in der Entwicklungsdose. Wird zur Tankentwicklung übergegangen, dann muß die Dauer der Entwicklung um 20–25% verlängert werden.

Entwickler

Am bequemsten arbeitet es sich mit konzentrierten Entwicklerlösungen, die zum Gebrauch nur der Verdünnung mit Leitungswasser bedürfen. Auch die Gebrauchspackungen, die die Substanzen in trockener Form enthalten, sind in der Handhabung praktisch. Sie entheben uns der Mühe des Abwiegen und bieten Gewähr für photographisch einwandfreie Chemikalien.

Bei den meisten der genannten, weicher arbeitenden Entwickler muß zum Selbstansatz geschritten werden. Hierfür sind bestimmte Bedingungen zu berücksichtigen, um die Ergebnisse mühevoller Arbeit nicht zu gefährden.

Die benötigten Chemikalien müssen, photographisch gesehen, von einwandfreier Beschaffenheit sein. Steht zum Ansatz kein destilliertes Wasser zur Verfügung, so kann auch abgekochtes Leitungswasser Verwendung finden. Verstäuben von Chemikalien ist unter allen Umständen zu vermeiden. Das Abwägen der Substanzen muß peinlichst genau durchgeführt werden. Die Lösung der Chemikalien erfolgt in der angegebenen Reihenfolge. Jede Substanz muß völlig aufgelöst sein, bevor die nächste zugegeben wird. Wasser von 30–45°C beschleunigt das Auflösen.

Es ist vorteilhaft, die Entwickler einen Tag vor der Verwendung anzu-setzen, damit ein innerer Ausgleich eintreten kann. Der Sauerstoff der eingeschlossenen Luft wirkt sein Oxydationsvermögen aus und wird aufgebraucht. Trübungen gehen in Flockungen oder Niederschläge über. Sind diese sehr stark, so muß die Lösung filtriert werden.

Zur Entwicklung von Infrarot-Materialien eignen sich folgende Entwickler:

Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung, konzentriert

Dieser Entwickler bietet neben der Einfachheit in der Handhabung den Vorteil einer Verwendung in verschiedenen Verdünnungen. Wir haben schon besprochen, zu welchen Kontrasten er in der Verdünnung 1 + 5 entwickelt. Er läßt sich aber auch geringer oder höher verdünnen und liefert dann entsprechend steilere oder flachere Ergebnisse, wobei die Entwicklungszeit zu verkürzen oder zu verlängern ist. Außerdem ist dieser Entwickler auch für die Positivbearbeitung brauchbar.

Agfa-Rodinal

Bei diesem Entwickler handelt es sich um eine hochkonzentrierte Lösung. In der Verdünnung 1 + 20 führt er zu normaler Gradation, wie aus der Aufstellung (S. 26) zu erkennen ist, und zu flacherer Gradation in der Verdünnung 1 + 40. In angebrochenem Zustand verfärbt sich manchmal

der hochkonzentrierte Entwickler in der Flasche. Diese Erscheinung ist ohne Einfluß auf die Entwicklungseigenschaften. Der verdünnte Rodinalentwickler ist bei Luftzutritt nur begrenzt haltbar. Es empfiehlt sich daher, stets nur soviel Lösung zu bereiten, wie gerade benötigt wird. Am Abend eines jeden Arbeitstages muß der verdünnte Entwickler auf jeden Fall weggeschüttet werden. Für die Herstellung von Papierbildern ist dieser Entwickler nicht zu verwenden.

Agfa-Final-Feinkorn- und Ausgleichentwickler

Sowohl für die Schalen- als auch für die Tankentwicklung geeignet, verfügt dieser Entwickler über eine gute Haltbarkeit und Ausnutzungsfähigkeit. Die Auflösung der trocknen Salze ist denkbar einfach und wird entsprechend der der Packung beiliegenden Gebrauchsanweisung vorgenommen. Agfa-Final entwickelt zu normalem Kontrast. Als Positiventwickler ist Final nicht geeignet.

Agfa-Atomal-F-Feinstkornentwickler

Ein für die bildmäßige Infrarot-Photographie gut geeigneter Entwickler. Die Substanzen werden in trockner Form geliefert, so daß sie nur der Vorschrift entsprechend aufzulösen sind. Atomal F liefert zarte Negative bei hervorragend feinem Korn und sehr gutem Auflösungsvermögen. In der Haltbarkeit und Ausnutzungsfähigkeit entspricht Atomal F dem Final-Entwickler. Atomal F ist kein Positiventwickler.

Agfa 1

Wasser	750 ml
Metol	5 g
Natriumsulfit wasserfrei	40 g (oder 80 g krist.)
Hydrochinon	6 g
Kaliumkarbonat	40 g
Kaliumbromid	2 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Dieser Entwickler kann auch als kräftig arbeitender Positiventwickler Verwendung finden.

Agfa 8

Wasser	750 ml
Natriumsulfit wasserfrei	12,5 g (oder 25 g krist.)
Glycin	2 g
Kaliumkarbonat	25 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Besonders geeignet für Agfa-Infrarot-Platten 950 und 1050.

Agfa 12

Wasser	750 ml
Metol	8 g
Natriumsulfit wasserfrei	125 g (oder 250 g krist.)
Natriumkarbonat wasserfrei	6 g (oder 16,2 g krist.)
Kaliumbromid	2,5 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Entwickler dieser Gruppe (Hochsulfit) arbeiten sehr feinkörnig, eignen sich aber nicht als Positiventwickler.

Agfa 14

Wasser	750 ml
Metol	4,5 g
Natriumsulfit wasserfrei	85 g (oder 170 g krist.)
Natriumkarbonat wasserfrei	1 g (oder 2,7 g krist.)
Kaliumbromid	0,5 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Hier handelt es sich ebenfalls um einen feinkörnig arbeitenden Negativentwickler, der aber bei Positiven nur ungenügende Schwärzungen ergibt.

Agfa 15

Wasser	750 ml
Metol	8 g
Natriumsulfit wasserfrei	125 g (oder 250 g krist.)
Natriumkarbonat wasserfrei	12 g (oder 32,4 g krist.)
Kaliumbromid	1,5 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Auch diesen Entwickler nimmt man nicht für die Positivbearbeitung.

Helllichtentwicklung

In der Infrarot-Photographie hängt die Qualität des später anzufertigenden Positivs sehr von dem Kontrast und der Dichte des Negativs ab. Kann während der Entwicklung die zunehmende Schwärzung gut beobachtet werden, so läßt sich der richtige Zeitpunkt zur Beendigung des Entwicklungsvorganges sicherer bestimmen. Dazu wird aber auch eine viel hellere Dunkelkammerbeleuchtung benötigt. Um diese anwenden zu können, muß das Infrarot-Material desensibilisiert werden.

Dieser Vorgang läßt sich mit Hilfe eines geeigneten Desensibilisators während des Entwicklungsvorganges durchführen. „Agfa-Denoxan“, als Desensibilisator in Tablettenform geliefert, wird entsprechend der Vorschrift aufgelöst und dem Entwickler zugesetzt.

Noch bequemer ist der neue Helllichtentwickler „Agfa-Denal“. Er gestattet die Verwendung einer sehr hellen Dunkelkammerbeleuchtung. Zudem handelt es sich bei diesem Erzeugnis um einen Feinstkornentwickler, der Infrarot-Materialien zu geringem Kontrast entwickelt (s. S. 26).

Die Entwicklung beginnt in beiden Fällen zunächst bei der erwähnten Dunkelkammerbeleuchtung (s. S. 24) oder völlig im Dunkeln. Nach wenigen Minuten Entwicklungsdauer – während dieser Zeit übt der Desensibilisator seine Wirkung aus – kann eine hellere Beleuchtung eingeschaltet werden, und zwar: bei Denoxan nach 2 Minuten das Licht des Agfa-Dunkelkammerschutzfilters 103 (grün), welches das Infrarot-Material unter Verwendung einer 15-Watt-Lampe direkt beschehen darf, oder das bei derselben Wattzahl noch hellere Licht des Schutzfilters 113D (gelbgrün), welches auf die Filme oder Platten aber nur **indirekt** wirken darf. Der Helllichtentwickler Agfa-Denal erlaubt nach 3 Minuten Entwicklung bei den vorgeschriebenen Dunkelkammerschutzfiltern (s. S. 24) die Anwendung des sehr hellen Filters 113D (gelbgrün) unter **direkter** Beleuchtung. Bei diesen Beleuchtungen läßt sich die fortschreitende Entwicklung genau verfolgen. Für die hochsensibilisierten Infrarot-Materialien, deren maximale Empfindlichkeit bei 800 m μ oder höher liegt, ist aber trotzdem noch Vorsicht geboten. Ein Abstand von 75 cm zwischen Leuchte und Entwicklungsschale darf für die Dauer der Entwicklung nicht unterschritten werden. Nur zur Beurteilung in der Durchsicht geht man für kurze Zeit näher an die Leuchte heran.

Das Negativ hat dann seine Deckung erreicht, wenn es die Kraft erhalten hat, die es nach der Fixage aufweisen soll. Zwar täuscht anfangs noch die durch das gelbliche Bromsilber bedingte Trübung des Negativs. Der Unterschied gegenüber dem ausfixierten klaren Negativ ist aber sehr gering. Hat man die Helllichtentwicklung erst einige Male ausgeübt, dann wird man sich später immer dieser Methode bedienen, da sie sichere Ergebnisse garantiert.

Unterbrechung

Nach der beendeten Entwicklung müssen die Platten und Filme sorgfältig abgespült werden. Das geschieht entweder in reinem, am besten fließendem Wasser 20–30 Sekunden lang oder in einem Unterbrecherbad. Unterbrecherbäder sind einfach anzusetzen und wirksamer als Wasser allein. Beim Übergang vom alkalischen Entwickler in ein saures Unterbrecherbad wird der in der gequollenen Schicht befindliche Entwickler seiner Fähigkeit beraubt, noch weiter reduzierend zu wirken. Außerdem verhindert ein Unterbrecherbad das Einschleppen von Entwickleralkali in das saure Fixierbad.

Brauchbare Unterbrecherbäder sind:

Agfa 200	Wasser	980 ml
	Eisessig	20 ml
Agfa 201	Wasser	900 ml
	Kaliummetabisulfit	40 g
	nach der Auflösung bis	1 l auffüllen
Agfa 202	Wasser	925 ml
	Bisulfatlauge	75 ml

Behandlungsdauer für die Bäder 20–30 Sekunden.

Fixage

Das Fixierbad hat die Aufgabe, das noch unveränderte Halogensilber, das nicht zum Negativaufbau gebraucht wurde, herauszulösen. Ist dieser Vorgang vollzogen, so kann das Negativ dem hellen Licht ausgesetzt werden.

Zum Fixieren werden für Infrarot-Materialien stets saure Fixierbäder verwendet. Sie sind haltbar und lösen die Sensibilisierungsfarbstoffe sicherer aus der Schicht heraus als ein neutrales Fixierbad. Infrarotsicherer aus der Schicht heraus als ein neutrales Fixierbad. Infrarotsicherer aus der Schicht heraus als ein neutrales Fixierbad. Infrarot-Platten und -Filme benötigen eine verhältnismäßig lange Fixierzeit. Bei frischen Bädern von 18° C kann im Durchschnitt mit einer Dauer von 6–10 Minuten gerechnet werden. Eine Bewegung zu Beginn des Fixierens ist ratsam. Die Fixierzeit verlängert sich bei niederen Temperaturen und nach längerer Gebrauchsduer des Bades. Als ausgebraucht ist ein Fixierbad anzusehen, wenn in einem Liter 100 Platten 9×12 cm oder 15 Kleinbildfilme fixiert wurden. Eine weitere Verwendung des Bades würde leicht zu dichroitischem Schleier führen, besonders dann, wenn kein Unterbrecherbad verwendet wurde. Ein dichroitischer Schleier erscheint in der Durchsicht rotviolett oder gelblich und in der Aufsicht blaugrün schillernd.

Als Fixierbad eignen sich die im Handel befindlichen Gebrauchspackungen. Für den Selbstansatz ist folgendes Rezept zu empfehlen.

Agfa 301	Wasser	750 ml
	Natriumthiosulfat krist.	250 g
	Natriumbisulfit	15 g
	oder	
	Natriumbisulfitlauge	40 ml
	mit Wasser auffüllen bis	1 l

Natriumthiosulfat krist. geht unter starker Abkühlung in Lösung. Deshalb ist eine Auflösung in Wasser von 60–70° C sehr förderlich, anschließend muß das Fixierbad zum Gebrauch auf etwa 18° C temperiert werden.

Wässerung

Nach dem Fixieren erfolgt die Schlußwässerung. Sie wird vorteilhaft in fließendem Wasser vorgenommen und dauert dann 20–30 Minuten. Um zu vermeiden, daß aus der Wasserleitung Verunreinigungen (feiner Sand, Rostteilchen usw.) auf die Platten oder Filme gelangen, empfiehlt sich die Vorschaltung eines keramischen Filterkörpers. Wo dieser nicht zur Verfügung steht, tut ein vor den Leitungshahn gebundener Lederlappen die gleichen Dienste.

Trocknung

Platten werden so aufgestellt, daß das Wasser an einer Ecke abtropfen kann. Filme werden freihängend getrocknet. Der zum Trocknen dienende Raum muß staubfrei sein. In feuchtwarmen Räumen ohne Luftströmung können sich, besonders im Sommer, auf der Schicht Bakterienkulturen bilden. Sie hinterlassen dort dunkle oder helle Punkte. Wird eine schnellere Trocknung erforderlich, so kann die Raumtemperatur bis zu 30° C erhöht werden. Es muß dann aber für eine ausreichende Luftbewegung gesorgt werden.

Übersensibilisierung

Reicht in außergewöhnlichen Fällen die Empfindlichkeit des Infrarot-Materials nicht aus, so kann durch Übersensibilisierung ein Gewinn an Empfindlichkeit erzielt werden. Hier sollen zwei erprobte Verfahren genannt werden:

1. Nasse Übersensibilisierung

Vorratslösung:		
Wasser, destilliert	1000 ml	
Natriumkarbonat, kristallisiert	80 g	
Ammoniaklösung, konzentriert	80 ml	

Zum Gebrauch ist die Vorratslösung im Verhältnis 1 + 40 mit tiefgekühltem Wasser zu verdünnen. Die Platten werden 10 Minuten bei 10–12° C in völliger Dunkelheit gebadet und danach mehrere Male mit frischem Methanol abgespült. Anschließend erfolgt die Trocknung im kalten Luftstrom eines Ventilators, der aber keine Funkenbildung zeigen darf, weil sonst durch Schleier der Erfolg in Frage gestellt wird. Die Trocknung ist nach 10–15 Minuten beendet. Auf diese Weise ist für die Infrarot-Plattensorten 700 bis 850 eine Empfindlichkeitsteigerung um den Faktor 2–4 zu erzielen, bei den Sorten 950 und 1050 eine solche bis zum Faktor 8. Eine Kornvergrößerung muß hierbei in Kauf genommen werden. Die übersensibilisierten Materialien sind nur 24 Stunden haltbar.

2. Trockne Übersensibilisierung

In einen Exsikkator oder, wo dieser nicht zur Verfügung steht, in ein größeres verschließbares Glasgefäß stellt man einen kleinen Behälter, in den einige Tropfen Quecksilber gegeben werden. Dann bringt man die geschlossene Plattenpackung oder den locker aufgewickelten Film, in schwarzem Papier verpackt, so in den Behälter, daß die sich entwickelnden Quecksilberdämpfe das Infrarot-Material gleichmäßig umströmen können. Die Dämpfe durchdringen das Papier und können auch auf die Platten einwirken, da durch eine sinnvolle Verpackung seitens der Fabrik zwischen den Schichtseiten der Platten ein kleiner Zwischenraum besteht. Der gleiche Vorgang vollzieht sich beim Film, wenn er in losen Windungen so eingepackt wird, wie es oben angegeben ist. Nach einer Aufbewahrung von 2-3 Tagen bei Zimmertemperatur wird eine ähnliche Empfindlichkeitssteigerung erzielt sein, wie sie bei der nassen Übersensibilisierung angegeben ist. Nach 2-6 Wochen klingt die gesteigerte Empfindlichkeit wieder ab. Mit der Übersensibilisierung darf ein Ansteigen des Grundschielers verbunden. Aus diesem Grunde darf die Übersensibilisierung nicht zu weit ausgedehnt werden. Ein zu starker Schleier bedeutet aber keinen Empfindlichkeitsgewinn, da die durch die Aufnahme belichteten geringsten Schwärzungen dann im Schleier untergehen würden.

Es soll nicht versäumt werden, auf die Giftigkeit von Quecksilberdämpfen hinzuweisen. Quecksilber stets in verschlossenen Behältern aufbewahren und nichts verschütten!

AUFNAHMETECHNISCHE BELANGE

Kameras

Jede Kamera ist für Infrarot-Aufnahmen geeignet. Die Verwendbarkeit richtet sich jedoch nach dem erhältlichen Material. Kleinbildkameras können Anwendung finden, da der Agfa-Infrarapid-Film 750 in Kleinbildpatronen und als Meterware in 35 mm Breite erhältlich ist. Infrarot-Platten gibt es in den Formaten 6,5×9, 9×12, 13×18 und 18×24 cm. Infogedessen lassen sich Klappkameras, Reise-, Atelier- und Reproduktionskameras ebenfalls für die Infrarot-Photographie einsetzen. Große Aufmerksamkeit muß man dem Kamerabalg schenken. Er kann für das sichtbare Licht durchaus zuverlässig sein, läßt aber in manchen Fällen Infrarot-Strahlung durch. In diesem Falle ist eine Verschleierung des Aufnahmematerials die unabdingliche Folge. Auf Bestellung werden von der Filmfabrik Agfa auch Infrarot-Platten im Format 6×6 cm geliefert, wodurch die bekannten Spiegelreflexkameras, die mit einem Plattenadapter versehen sind, ebenfalls für Infrarot-Aufnahmen genommen werden können.

Objektive

Wenn es sich nicht gerade um „urale“ Objektive handelt, so können praktisch alle Photo-Objektive für die Infrarot-Photographie angewendet werden. Da aber fast alle Objektive nicht für infrarote Strahlen korrigiert sind, ist der Scharfeinstellung besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Diese soll daher noch gesondert besprochen werden.

Wir haben gesehen, wie ein weißer Lichtstrahl durch ein Prisma in Licht verschiedener Wellenlängen zerlegt wird. Bei einer Linse liegen die Verhältnisse ähnlich. Fällt ein Lichtstrahl durch eine Linse, so erhalten wir auf der optischen Hauptachse nicht nur einen Brennpunkt, sondern je nach der Brechbarkeit mehrere. Der Linse am nächsten liegt der Brennpunkt für Blau, dann folgen Gelb und Rot und schließlich Infrarot. Infrarot hat also die größte Brennweite. Objektive sind aber ein System von Linsen, und zwar sind sie so kombiniert, daß der Brennpunkt für das sichtbare Licht praktisch in einem Punkt zusammenfällt. Es besteht dann

keine Differenz mehr zwischen blauen, gelben und roten Strahlen. In manchen Fällen liegt der Brennpunkt für Infrarot so nahe, daß eine Korrektur bei Infrarot-Aufnahmen nicht mehr erforderlich ist. Einige optische Firmen sind dazu übergegangen, an ihren Objektiven einen Einstellpunkt für Infrarot anzubringen, der uns der Sorge um die Schärfeinstellung enthebt. In anderen Fällen ist es zu empfehlen, durch Vergleichsaufnahmen das Objektiv für Infrarot-Aufnahmen zu eichen.

In der Mikrophotographie liegen die Verhältnisse ähnlich. VEB Carl Zeiß, Jena, gibt an, daß alle Zeiß-Mikroskop-Objektive für die Infrarot-Photographie zu verwenden sind, wenn die Fokusdifferenz bei der Einstellung ohne Infrarot-Filter gegenüber der Belichtung mit Filter berücksichtigt wird.

Objektive ohne Fokusdifferenz sind die Spiegelobjektive, analog den Spiegelteleskopen der Astronomen aus Wölb- und Hohlspiegeln zusammengesetzte Systeme. Da bei der Spiegelung keine Zerlegung des weißen Lichtes in seine farbigen Komponenten stattfindet, kann auch keine Fokusdifferenz auftreten. Man kann nach Einstellung bei einer beliebigen Wellenlänge des sichtbaren Bereichs mit scharfer Abbildung auch im unsichtbaren Spektralbereich, also Infrarot und Ultraviolet, rechnen. Voraussetzung ist jedoch, daß die für das Objektiv verwendeten Spiegel Oberflächenspiegel sind, deren Spiegelbeläge im unsichtbaren Spektralbereich nicht absorbieren (1).

Die „Bestimmung der Schnittweite“^a und der Brennweite photographischer Objektive für Ultrarot“ behandelt Naumann in mehreren Arbeiten (2, 3, 4). Er stellt fest, daß für nicht allzu extremes Infrarot – etwa um 800 m μ herum – die Schnittweitenverlängerung einige Promille bis zu einem Prozent der Brennweite beträgt, während die Brennweitenverlängerung meist etwas kleiner ist; gelegentlich gibt es Objektive, für die ein Wert praktisch Null ist. Das kann bei sorgfältig achromatisierten Systemen dank ihrer Linsen aus Kurzflint der Fall sein. Systeme gleichen äußerlichen Aufbaues, aber verschiedener Herkunft, bestehen oft auch aus anderen Glasarten und haben dann gänzlich andere Werte.

^a Unter Schnittweite versteht man den Luftabstand der letzten Linsenfläche vom Brennpunkt bzw. von der senkrecht zur optischen Achse stehenden Bildebene.

Einstellung und Blende

Gegenüber einer Einstellung im sichtbaren Gebiet bestehen für das Infrarot Differenzen, da die meisten Objektive für Infrarot nicht korrigiert sind. Diese Fokusdifferenz wird mit zunehmender Wellenlänge etwas größer. Je nach dem Empfindlichkeitsmaximum des verwendeten Materials bestehen also kleine Unterschiede, die bei der Schärfeinstellung zur Aufnahme unter Umständen berücksichtigt werden müssen.

Mit Kameras, die eine Schärfeinstellung nach der Mattscheibe gestatten, kann man für die genannten Infrarot-Materialien auf folgende Weise zu guter Schärfe kommen: Zunächst wird normal eingestellt. Sodann setzt man das für die Aufnahme bestimmte Filter vor das Objektiv und stellt die Schärfe nach, wobei eine Verlängerung des Auszuges zu beobachten sein muß. Diese Nacheinstellung ist jedoch nur bei hellen Aufnahmeobjekten und verhältnismäßig hellen Rotfiltern möglich.

Handelt es sich um ein weniger helles Aufnahmeobjekt, oder ist das für die Aufnahme bestimmte Filter sehr dunkel, dann kann annähernd richtige Schärfe erzielt werden, wenn mit einem hellen Rotfilter eingestellt wird, welches zur Aufnahme gegen das erforderliche dunklere Filter ausgewechselt wird.

In den genannten Fällen ist es gut, wenn nach der Einstellung, die mit größter Blende vorgenommen wird, die Blende zur Aufnahme um zwei bis drei Intervalle kleiner eingestellt wird.

Die Optischen Werke Ernst Leitz GmbH, Wetzlar, haben an den von ihnen hergestellten Objektiven neben der Hauptmarkierung, dem In-

Abb. 22. Leitz Summicron, mit der Markierung „R“ neben der Hauptmarkierung ▲.

^a Veröffentlichung mit frdl. Genehmigung der Fa. Ernst Leitz GmbH, Optische Werke, Wetzlar.



dex für die Entfernung, noch eine zweite Marke mit der Markierung „R“ angebracht (s. Abb. 22). Bei Verwendung der heute gebräuchlichen Infrarot-Kleinbildfilme wird für Aufnahmen mit Unendlichkeitseinstellung statt auf die Haupteinstellmerke „▲“ auf den Punkt „R“ eingestellt. Er enthebt uns der Sorge um die Schärfe.

An anderen Markenobjektiven befindet sich für Infrarot-Aufnahmen keine Markierung, auf die eingestellt werden könnte, da die Infrarot-Photographie bisher nur in kleinem Umfange ausgeübt wurde.

Die Firmen geben aber auf Anfrage die Abweichungen bekannt, die man sich selbst am Objektiv anbringen kann. Es bestehen verschiedene Möglichkeiten:

- Die Abweichung des Index ist auf dem Umfang des Objektivs in mm aufzutragen, je nach der Bauart nach links oder rechts;
- die gleiche Differenz ist auf dem Umfang der Entfernungsskala abzutragen;
- der Auszug verlängert sich um die aufgeführte Differenz;
- die angegebenen Verstellwerte der Entfernungsskala sind statt ∞ zu verwenden.

In allen Fällen muß sich eine Auszugsverlängerung ergeben. Die nachstehenden Firmen stellten folgende Werte für ihre Objektive bei Aufnahmen mit Unendlichkeitseinstellung und Infrarot-Material mit einem Empfindlichkeitsmaximum von 740 bis 800 m μ zur Verfügung:

VEB Feinoptisches Werk Görlitz, Meyer-Optik:

	zu a)	zu b)	zu c)	zu d)
	Abweichung in mm			Verstellwert
Helioplan	1:4.5 40	\pm 6.2	\pm 6.2	11 m
Primoplan	1:1.9 58	\pm 3.8	\pm 3.8	19 m
Trioplan	1:2.8 100	\pm 4.0	\pm 4.0	32.5 m
Telemegor	1:5.5 150	\pm 12.2	\pm 12.2	25 m
Telemegor	1:5.5 180	\pm 12.6	\pm 12.6	23.5 m
Telemegor	1:5.5 250	\pm 10.2	\pm 10.2	42 m
Telemegor	1:5.5 400	\pm 18.3	\pm 18.3	65 m

	zu a)	zu b)	zu c)	zu d)
	Abweichung in mm			Verstellwert

Optische Werke G. Rodenstock, München und Regen:

Heliagon	1:2.50	\pm 0,10	25 m
Heliagon C	1:4.80	\pm 0,30	20 m
Heliagon C	1:5.6.35	\pm 0,15	9 m
Trinar	1:3.5.45	\pm 0,15	15 m
Trinar	1:3.5.50	\pm 0,10	25 m
Ysar	1:3.5.50	\pm 0,10	20 m
Yronar	1:3.5.135	\pm 0,50	35 m

Optische Werke Jos. Schneider & Co., Kreuznach (Rhld.):

Xenagon	1:3.5.30	\pm 0,10	10 m
Xenagon	1:2.8.35	\pm 0,07	20 m
Xenagon	1:3.5.35	\pm 0,13	10 m
Xenar	1:2.8.38	\pm 0,12	15 m
Xenon	1:1.9.40	\pm 0,10	15 m
Isgon	1:4.5.40	\pm 0,14	10 m
Xenar	1:2.8.45	\pm 0,11	20 m
Radionar	1:3.5.45	—	15 m
Xenon	1:1.9.50	\pm 0,10	25 m
Xenon	1:2.50	\pm 0,17	15 m
Xenar	1:2.8.50	\pm 0,12	20 m
Xenar	1:3.5.50	\pm 0,20	10 m
Xenar	1:3.5.75	\pm 0,40	15 m
Tele-Xenar	1:3.8.75	\pm 0,30	20 m
Radionar	1:4.5.75	—	10 m
Tele-Xenar	1:3.5.90	\pm 0,40	20 m
Tele-Xenar	1:4.135	\pm 0,35	35 m
Xenar	1:4.5.150	\pm 0,60	40 m
Tele-Xenar	1:4.5.150	\pm 0,70	35 m
Tele-Xenar	1:5.5.150	\pm 0,65	35 m
Tele-Xenar	1:5.5.180	\pm 0,73	50 m
Tele-Xenar	1:5.5.360	\pm 2,50	50 m

Optische Werke C. A. Steinheil Söhne GmbH, München:

Orthostigmat	1:4.5.35	\pm 0,13
Quinon	1:2.50	\pm 0,07
Culminar	1:2.8.85	\pm 0,16
Quinon	1:2.8.135	\pm 0,12
Culminar	1:4.5.135	\pm 0,60
Tele-Quinon	1:4.5.200	\pm 0,70

	zu a)	zu b)	zu c)	zu d)
	Abweichung in mm			Verstell-
				wert

VEB Carl Zeiß, Jena:

Flektogon	1:2,8 35	9 m
Tessar	1:4,5 40	11 m
Tessar	1:2,8 50	12,5 m
Tessar	1:3,5 50	14 m
Biotar	1:2 58	20 m
Biotar	1:1,5 75	27 m
Triotar	1:4 135	39 m
Sonnar	1:2,8 180	47,5 m
Sonnar	1:4 300	74 m
Zeiß-Fernobjektiv	1:8 500	196 m

Wie sich die Einstellungen auf kürzere Entferungen gegenüber der Unendlichkeits-Einstellung verändern, zeigen die folgenden Beispiele von Meyer-Objektiven, wobei die Tabelle I die Abweichung in mm vom Index für eine bestimmte Meterzahl angibt.

Die Tabelle II dagegen enthält die Werte, die vorteilhaft auf der Meter-skala des Objekives in mm abgetragen werden, wenn statt des Index für sichtbares Licht der Infrarotpunkt für unendlich schon festgelegt ist.

	I		II	
	Abweichung in mm gegenüber dem Index		Abweichung in mm gegenüber dem Infrarotpunkt Unendlich	
Meyer Primoplan 1:1,9 58				
für	∞	3,8	für	12,0 m
	12,0 m	3,8		—
	8,0 m	3,8		—
	4,0 m	3,9		0,1
	2,6 m	4,0		0,2
	2,0 m	4,1		0,3
	1,6 m	4,2		0,4
	1,0 m	4,4		0,6
	0,8 m	4,6		0,8
Meyer Telemegor 1:5,5 250				
für	∞	10,2	für	30 m
	30 m	10,3		0,1
	15 m	10,4		0,2
	10 m	10,6		0,4
	6 m	11,2		1,0
	4 m	12,7		2,5
	3 m	14,2		4,0

Für das Heligon 1:2,5/50 geben die Optischen Werke G. Rodenstock bei Infrarot-Einstellungen für kürzere Entferungen folgende Werte an:

Einstellung bei sichtbarem Licht:	Einstellung im Infrarot:
∞	25 m
20 m	9,5 m
15 m	8,2 m
12 m	7,2 m
10 m	6,4 m
9 m	6,0 m
7 m	5,0 m
6 m	4,5 m
4 m	3,2 m
3 m	2,5 m
2 m	1,75 m
1 m	0,9 m

Zur Frage des Abblendlens ist zu sagen, daß im Interesse der Verkürzung der Belichtungszeit nur mit großen bis mittleren Blenden gearbeitet werden sollte. An kleineren Blenden führt das langwellige Rot außerdem zu stärkerer Beugung.

Aufnahmefilter

Filter wurden bisher schon mehrfach erwähnt. Für die Infrarot-Photographie sind sie praktisch unerlässlich, und wir müssen uns daher mit den Aufnahmefiltern befassen. Filter haben die Eigenschaft, in erster Linie die Strahlen der eigenen Farbe passieren zu lassen. In der Infrarot-Photographie kommen, wie wir schon aus den früheren Abschnitten ersehen haben, nur die Infrarot-Strahlen selbst oder notfalls noch die langen Wellen des sichtbaren Lichtes in Betracht. Infolgedessen können für Infrarot-Aufnahmematerialien auch nur rote Filter verschiedener Färbung und Dichte zur Verwendung kommen. Es gibt noch die als Schwarzfilter bezeichneten Sorten. Bei ihnen handelt es sich um Filter von tiefroter Färbung. Sie sind für das Auge kaum oder gar nicht mehr durchsichtig. Es ist zu beachten, daß das zur Anwendung kommende Filter so auf das Objektiv aufgesetzt wird, daß ein seitliches Eindringen von sichtbarem Licht unmöglich ist. Seitlich eintretendes Licht kann durch Spiegelung zwischen der Vorderfläche des Objektives und dem Filter das Aufnahmegergebnis in Frage stellen.

Unter dem Abschnitt Infrarot-Materialien haben wir gesehen, für welche Wellenlängen bestimmte Infrarot-Sorten empfindlich sind. Wir haben das Maximum der einzelnen Sorten ermittelt und müssen nun, wenn wir Filter verwenden wollen, auch wissen, welche Wellenlängen vom Aufnahmefilter absorbiert bzw. durchgelassen werden. Erst wenn man das genau weiß, kann das für die Infrarot-Aufnahme richtige Filter ausgewählt werden. Für die Auswahl der Filter können Durchlässigkeitskurven dienen. Die herstellenden Firmen haben in Listen entsprechendes Kurvenmaterial veröffentlicht.

Vom VEB Filmfabrik Agfa Wolfen werden Filter in nachstehenden Abmessungen geliefert. Sie bestehen aus zwei plangeschliffenen, gekitteten Spiegelglasscheiben, von denen die eine auf einer Seite mit gefärbter Gelatinelösung begossen wurde.

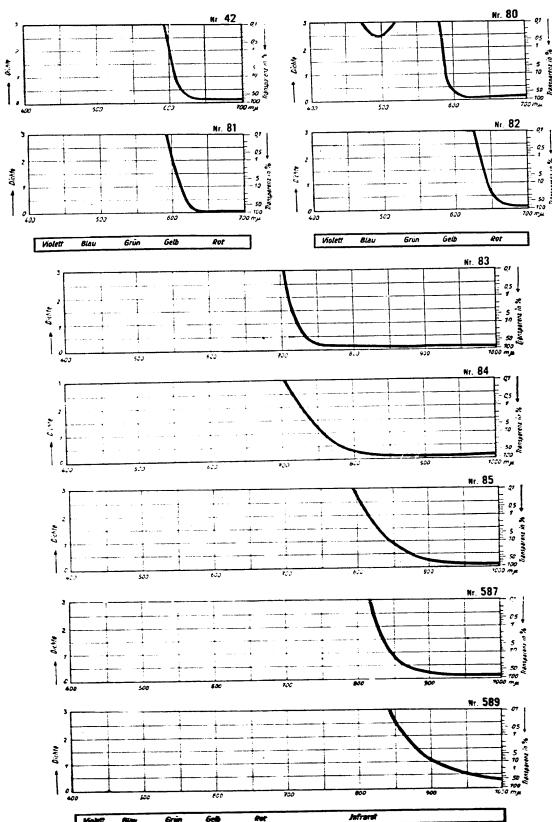
Quadratische Filter	30 x 30 mm	Runde Filter Ø	18.19 mm
	40 x 40 mm		25.26 mm
	45 x 45 mm		30.31 mm
	60 x 60 mm		39.40 mm

In Betracht kommen für die Infrarot-Photographie folgende Filter:

Agfa-Filter Nr.	Filter-Farbe	Ausblendung aller Strahlen unterhalb
42	Rot	600 mμ
80	Hellrot	580 mμ
81	Rot	600 mμ
82	Dunkelrot	630 mμ
83	Schwarz	710 mμ
84	Schwarz	730 mμ
85	Schwarz	820 mμ
587	Schwarz	830 mμ
589	Schwarz	870 mμ

Die nebenstehenden Abbildungen, mit freundlicher Genehmigung des VEB Filmfabrik Agfa Wolfen übernommen, zeigen den Kurvenverlauf der Agfa-Lichtfilter. Der dunkle Teil gibt das Gebiet der Strahlen an, die vom Filter absorbiert werden, der helle Teil dagegen das Gebiet, in dem das Filter die Strahlen durchläßt.

Abb. 23-31. Dichtekurven von Agfa-Lichtfiltern, die für Infrarot-Aufnahmen geeignet sind.



Von den Filtergläsern des VEB Glaswerk Schott u. Gen., Jena, eignen sich ebenfalls eine ganze Reihe von Filtern, die hier genannt werden sollen:

Jenaer Filter Nr.	Farbe	Ausschaltung aller Strahlen unterhalb
RG 1	helles Rot	600 m μ
RG 2	reines Rot	610 m μ
RG 5	dunkles Rot	660 m μ
RG 7	tieftes Rot	850 m μ
RG 8	sehr dunkles Rot	680 m μ
RG 9	tieffes Rot	720 m μ
RG 10	tieffes Rot	750 m μ
UG 8	tieftes Rot	900 m μ

Die nebenstehenden Abbildungen wurden mit freundlicher Genehmigung des VEB Optik, Jenaer Glaswerk Schott u. Gen., Jena, der Liste Schott 42-8040-1 entnommen.

Zur Wahl des Aufnahmefilters müssen wir uns die Spektren der Abb. 7 bis 18 noch einmal betrachten. Wir erkennen, für welche Wellenlängen die einzelnen Sorten empfindlich sind. Bei den Filtern haben wir die Angaben, welche Wellenlängen durchgelassen werden. Naturgemäß kann für das zur Verwendung kommende Infrarot-Material auch nur ein solches Filter gewählt werden, das Strahlen innerhalb dieses Empfindlichkeitsbereiches durchlässt. Z. B. ist die Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid für den Bereich von 700 bis 855 m μ empfindlich. Infolgedessen kann sie nur mit einem Filter kombiniert werden, das die Strahlen unterhalb 700 m μ ausschaltet. Soll aber nur ein enger, begrenzter Bereich wirksam werden, so wird man ein Filter wählen müssen, das die Strahlen etwas unterhalb des Maximums ausschließt, in diesem Falle ein Filter, das alle Strahlen unter 810 m μ absorbiert. Käme ein Filter zur Anwendung, das alle Strahlen bis zu 860 m μ abschneidet, so würde selbst die längste Belichtung zu keinem Resultat mehr führen. Nehmen wir noch den sehr gebräuchlichen Agfa-Infrarapid-Film 750 als Beispiel: Empfindlichkeitsbereich 630 bis 805 m. Verwendbare Filter solche, die alle Strahlen unterhalb 630 m ausschalten. Mit Filtern, die alle Strahlen unterhalb 805 m abschneiden, würde in diesem Falle keine Belichtung mehr zu erzielen sein. Die Belichtung ist in der Infrarot-Photographie

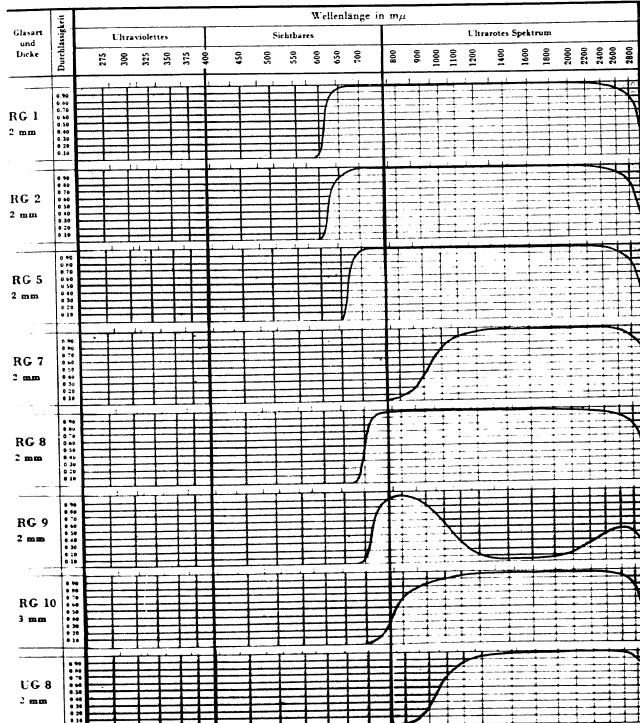


Abb. 32-39. Durchlässigkeitskurven von Schott-Filters, die für Infrarot-Aufnahmen geeignet sind.

aber ein Faktor von hoher Wichtigkeit, dem wir unsere besondere Beachtung schenken müssen.

Belichtung

Filter verlängern stets die Belichtungszeit. Sie verlängert sich um so mehr, je dunkler und je dichter ein Filter ist. Da wir kein Maß für die Empfindlichkeit von Infrarot-Materialien haben (s. S. 21), sind wir auf vergleichende Werte, ausgehend von einem gewöhnlichen Aufnahmematerial mit bekannter Empfindlichkeit, angewiesen.

Aber die Belichtungszeit verlängert sich nicht nur durch die Filter, sondern auch mit der Sensibilisierung des Infrarot-Materials, und zwar muß länger belichtet werden, je weiter das Empfindlichkeitsmaximum im langwelligeren Gebiet des Infrarot liegt. (Eine Aufnahme bildet durch seine besondere Empfindlichkeit der Agfa-Infrarapid-Film 750.)

Dazu kann noch eine Belichtungsverlängerung kommen, die sich aus den Besonderheiten des Motivs ergibt, etwa dem Durchdringen von Dunstschichten oder Nebel.

Allerdings können sehr dichter Nebel oder gar Wolken selbst bei längster Belichtungszeit nicht durchdrungen werden. Dies muß betont werden, da in dieser Hinsicht übertriebene Vorstellungen bestehen. Unter dem Abschnitt „Aus der Praxis“ werden noch Beispiele zur Erläuterung besprochen (s. S. 78 bis 82).

Soll die Belichtungszeit durch einen Belichtungsmesser ermittelt werden, dann kann als Anhalt bei niederen bis mittleren Werten der angegebenen Verlängerungsfaktoren der Aufstellung auf Seite 47 mit einer DIN-Zahl nach folgender Tabelle gerechnet werden.

Verlängerungsfaktor	DIN-Zahl
2	15/10
4	12/10
6	10/10
10	8/10
16	6/10
20	5/10
32	3/10

Verlängerungsfaktoren für Agfa-Infrarot-Materialien:

a) Für Aufnahmen mit Filter bei klarem Wetter mit Sonnenschein gegenübert einem orthochromatischen Aufnahmematerial von 18/10° DIN ohne Filter folgende Verlängerungsfaktoren:

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Platten Rapid				Agfa-Infrarapid-Film 750
	700	750	800	850	
Agfa 42	10	10	20	60	2
Agfa 80	10	10	20	60	2
Agfa 81	10	10	20	60	2
Agfa 82	10	10	20	60	4
Agfa 83	—	20	20	30	8
Agfa 84	—	20	30	50	8
Agfa 85	—	—	—	400	—
Schott RG 1	6	6	16	50	1,6
Schott RG 2	6	6	16	50	1,6
Schott RG 5	6	6	20	50	2
Schott RG 8	6	6	20	50	1,6
Schott RG 9	—	6	20	50	4
Schott RG 10	—	—	30	60	8

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Platten Hart			
	700	750	800	850
Agfa 42	15	15	30	60
Agfa 80	15	15	30	60
Agfa 81	13	15	30	60
Agfa 82	15	15	30	60
Agfa 83	—	30	60	60
Agfa 84	—	30	60	60
Agfa 85	—	—	—	400
Schott RG 1	12	12	20	40
Schott RG 2	12	12	20	40
Schott RG 5	12	12	30	40
Schott RG 8	12	12	30	40
Schott RG 9	—	12	30	40
Schott RG 10	—	—	30	40

Filter Nr.	Agfa Infrarot-Sonderplatten		
	950	1050	
Agfa 587	1000	10000	
Agfa 589	2000	20000	
Schott RG 7	1500	10000	
Schott UG 8	2000	20000	

b) Für Aufnahmen mit Filter bei dem Licht von Nitraphotlampen:

Verlängerungsfaktoren:

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Platten Rapid			Agfa-Infrarapid- Film	
	700	750	800	850	750
Agfa 42	5	10	10	25	2
Agfa 80	5	10	10	25	2
Agfa 81	5	10	10	25	2
Agfa 82	5	10	10	25	2
Agfa 83	—	15	15	25	5
Agfa 84	—	15	10	20	5
Agfa 85	—	—	—	100	—
Schott RG 1	4	6	6	15	2
Schott RG 2	4	6	6	15	2
Schott RG 5	4	6	6	15	2
Schott RG 8	4	6	6	15	2
Schott RG 9	—	6	6	15	4
Schott RG 10	—	—	10	25	8

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Platten Hart			
	700	750	800	850
Agfa 42	5	10	10	25
Agfa 80	5	10	10	25
Agfa 81	5	10	10	25
Agfa 82	5	10	10	25
Agfa 83	—	10	10	20
Agfa 84	—	10	10	25
Agfa 85	—	—	—	100
Schott RG 1	6	8	8	20
Schott RG 2	6	8	8	20
Schott RG 3	6	8	8	20
Schott RG 5	6	8	8	20
Schott RG 8	6	8	8	20
Schott RG 9	—	8	8	20
Schott RG 10	—	—	12	36

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Sonderplatten	
	950	1050
Agfa 587	500	1000
Agfa 589	800	2000
Schott RG 7	500	1000
Schott UG 8	800	2000

Für Blitzlampen und Blitzröhren rechnet man heute allgemein mit Leitzahlen, die, richtig angewendet, zu guten Ergebnissen führen.

Die Belichtung einer Aufnahme ist dabei abhängig von der Empfindlichkeit des Aufnahmematerials, der verwendeten Blende und von der Entfernung des Blitzes vom Objekt.

Die Hersteller von Blitzlampen und Blitzröhren nennen für normales Aufnahmematerial die Leitzahl, wobei die Beziehung gilt: Leitzahl = Blendenzahl \times Entfernung Blitz-Objekt in Metern.

Für Infrarot-Film können wir diese Leitzahlen nicht einfach umrechnen, da der Anteil an Infrarot-Strahlung bei den einzelnen Blitzen sehr unterschiedlich ist. Deshalb wurden Leitzahlen für den Agfa-Infrarapid-Film 750 mit einigen Blitzlampen und Blitzröhren ermittelt.

Mit diesen Leitzahlen können wir die möglichen Grenzen der Aufnahmedingungen leicht feststellen:

a) Welche Entfernung ist zwischen Blitz und Objekt noch zulässig?

Leitzahl dividiert durch Blendenzahl (z. B. Leitzahl 24: Blende 8 = 3 m).

b) Welche Blende ist bei gegebener Entfernung erforderlich?

Leitzahl dividiert durch Entfernung in Metern (z. B. Leitzahl 24: 6 m = Blende 4).

Ermittelte Leitzahlen mit Blitzlampen des VEB Elektrotechnik, Eisenach, in Verbindung mit Agfa-Infrarapid-Film 750:

Lampentyp	Agfa-Filter Nr. 42	Agfa-Filter Nr. 83	Agfa-Filter Nr. 84
RFT DF 70 ungefärbt	33	31	20
RFT DF 20 ungefärbt	24	18	12
RFT F 20 ungefärbt	24	18	12
RFT DF 40 ungefärbt	15	12	8
RFT F 40 ungefärbt	12	9	6
RFT DF 70*	30	24	15
RFT DF 20b*	20	17	10
RFT F 20b*	20	17	10

Leitzahlen für einige Röhrenblitzgeräte für Agfa-Infrarapid-Film 750:

B 70	VEB (K) Elektronik, Plauen (Vogtl.)	Blitzröhre XB 104	Fa. DGL
B 140		Blitzröhre XB 103	Prefler, Leipzig

M 30 = Mecablitz 30 M 45 = Mecablitz 45 Metz, Apparatefabrik, Fürth

Blitzgerät	Nr. 42	Nr. 80	Nr. 82	Nr. 83
B 70	6	8	5	—
B 140	8	10	8	6
M 30	10	12	10	7
M 45	15	16	15	10

* mit blau gefärbtem Kolben, dem Tageslicht entsprechend.

AUS DER PRAXIS

Bildmäßige Infrarot-Aufnahmen

Das Lichtbild als Ausdrucksmittel zur Darstellung besonderer Schönheiten ist in der Schwarz-Weiß-Photographie schon seit langem Allgemeingut geworden. Die dafür zur Verfügung stehenden Materialien haben in den letzten Jahrzehnten, besonders durch die Einführung der panchromatischen Schichten, dazu beigetragen, daß die Photographie für diesen Zweck eine weite Verbreitung fand. Ein Mittel zur Effektsteigerung im Bilde wurde außerdem durch die Vielzahl der Aufnahme-filter gegeben. Diese Dinge in der Hand des Photographen, gleichgültig ob er die Photographie beruflich oder aus Liebhaberei ausübt, lassen bei überlegter Anwendung Bilder von starker Wirkung entstehen.

Wie auf allen Gebieten, geht aber die Entwicklung auch in der Photographie stetig weiter. Der Photograph sucht nach immer neuen Mitteln, um seinen Lichtbildern ein besonderes Aussehen zu verleihen.

Es gibt Motive, die selbst bei der besten Beleuchtung und guter Auf-fassung zur Erzielung richtiger Linienführung eben doch nicht so zur Wirkung kommen, wie es sich der Bildautor vorstellt. Durch die Infrarot-Photographie hat er aber für besondere Fälle ein Mittel in der Hand, doch zum Ziel zu kommen. Zugegeben, daß die Grauwerte in ihrer Tonabstufung dadurch starke Verschiebungen erleiden. Es kommt aber immer ganz darauf an, was bei der Wiedergabe erzielt werden soll.

Im allgemeinen wird sich die Infrarot-Photographie zur Steigerung von Effekten vorwiegend für Landschafts- und Architekturaufnahmen eignen. Voraussetzung dafür ist die Anwendung eines Rot- oder Schwarzm-filters. Für diese Fälle müssen wir uns einprägen, wie die Farben im Positiv wiedergegeben werden, d. h., welche Farben in ihren Grauwer-ten hell und welche dunkel erscheinen.

1. Das Blattgrün kommt im Bilde ziemlich hell.
2. Das Grün von Nadelbäumen wird auch heller als sonst wieder-gegeben, jedoch nicht so hell wie Blattgrün.
3. Ein klarer blauer Himmel im Mitlicht aufgenommen, erscheint sehr dunkel, wenn nicht gar schwarz.
4. Weiße Wolken heben sich bei blauem Himmel stark ab.

5. Im Gegenlicht wird der blaue Himmel nicht so dunkel.
6. Grauer Himmel wird in der Regel verhältnismäßig hell.
7. Die „warmen“ Farben Gelb bis Rot werden stets hell abgebildet.
8. Schattenpartien der Motive werden immer sehr dunkel.

Werden diese Punkte bei einer Aufnahme beachtet, so hat man schon eine Vorstellung, wie das Ergebnis ausfallen wird. An einigen Bildbeispiele wollen wir die gewonnenen Erkenntnisse besprechen:

In einem ganz einfachen Vorwurf (Abb. 40) verstand es der Bildautor durch geeignete Linienführung und guten Bildaufbau, eine schöne Komposition zu schaffen. Gesteuert wird die Wirkung des Bildes durch die leuchtend weißen Wolken am tiefdunklen Himmel und durch das helle Laub der Obstbäume im Garten.



Abb. 40. Agfa - Infrarapid-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 81 · Blende 8 · 1/50 Sek.
Aufnahme: Günther Schlag

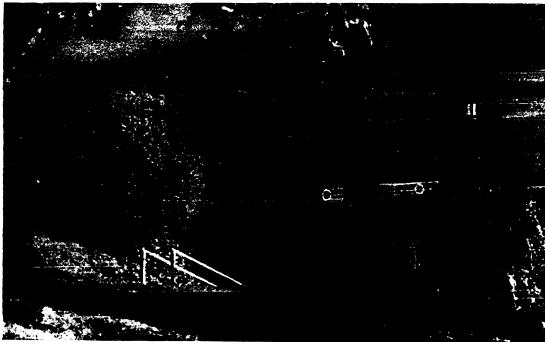


Abb. 41. Agfa-Infrarapid-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 5,6 · 1/100 Sek.
Aufnahme: Siegfried Buchberger

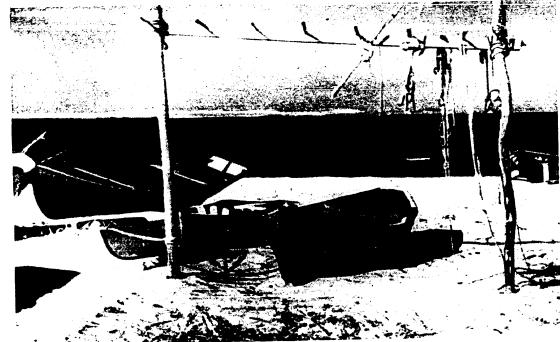


Abb. 42. Agfa-Infrarapid-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 8 · 1/100 Sek.
Aufnahme: Günther Schlag

Ein besonders wirkungsvoller Effekt wurde mit Hilfe der Infrarot-Photographie bei unserem nächsten Bildbeispiel erzielt (Abb. 41), das den Eindruck einer Bühnendekoration erweckt. Bei Infrarotaufnahmen wird die Ferne allgemein sehr nahe gerückt, da die Ferne nie im Dunst verschwimmt. Deshalb ist es erforderlich, durch eine Betonung des Vordergrundes das Bild richtig aufzubauen. Hier sind es das Gestüpp, das sich durch seine Infrarot-Reflexion hell gegen den dunklen Schiffsrumpf abhebt, und die in das obere Bildfeld ragenden Baumteile. Das hell gekommene Laub und der dunkle Himmel mit den ziehenden Wolken vollenden die Stimmung des Bildes.

Zwei weitere Beispiele sollen zeigen, wie Infrarot-Aufnahmen an der See ausfallen können (Abb. 42 und 43). Es ist zu bedenken, daß man leicht Gefahr läuft, die See zu dunkel wiederzugeben, da sich das Blau

des Himmels im Wasser spiegelt. Wir wissen ja schon, daß das Blau des Himmels bei Mitlichtaufnahmen sehr dunkel wird, anders kann es dann bei dem Wasser auch nicht sein. Wir erfuhren aber auch schon, daß die Schatten bei Infrarot-Aufnahmen sehr dunkel werden. Diese Eigenschaft kommt uns bei den Aufnahmen an der See zu Hilfe, denn meistens fehlt es bei solchen Motiven an Kontrasten. Das erste Beispiel (Abb. 42) läßt erkennen, wie hier die Schatten zur Bildwirkung beitragen. Gegen die dunkle See und den dunklen Himmel aber hebt sich das den Fischern zum Trocknen der Netze dienende Gerüst deutlich ab und der schmale helle Streifen der Küste gibt dem Bild einen besonderen Reiz.

Weicht nicht das zweite Strandmotiv (Abb. 43) in seiner Erscheinung stark von sonstigen derartigen Aufnahmen ab? Diese eigenartige Wirkung konnte nur mit Infrarot-Material erzielt werden, da das Wasser



Abb. 43. Agfa-Infrarapid-Film
750 · Agfa-Filter Nr. 81 ·
Blende 11 · $1/25$ Sek.

Aufnahme: Günther Schlag



Abb. 44. Agfa-Infrarapid-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 81 · Blende 11 · $1/10$ Sek.
Aufnahme: Günther Schlag

dunkel wurde, der Himmel ebenfalls, bis auf die weißen Wolken. Die Bewachung des Strandes mußte hell erscheinen, da sie das Infrarot eben stark reflektiert. Die Ursache hierfür besprechen wir später (Seite 70 bis 72).

Bei der folgenden Infrarot-Aufnahme (Abb. 44) könnte man annehmen, es handle sich um die Reproduktion eines „alten Meisters“. Eine solche Wirkung übt das Bild auf uns aus. Im Gegensatz zu den vorhergehenden Aufnahmen schien hier keine Sonne. Deshalb fehlen auch Gegensätze. Es sind keine großen Kontraste entstanden. Infrarot-Aufnahmen ohne Sonne führen also zu ganz anderen Ergebnissen. Wie wir sehen, lohnt es sich aber durchaus, auch unter solchen Bedingungen Aufnahmen durchzuführen.

Mondlichteffekt-Aufnahmen

Ein lohnendes Gebiet der Infrarot-Photographie sind Mondlichteffekt-Aufnahmen. Da es sich hierbei um eine Täuschung handelt, sei vorweg genommen, daß für derartige Aufnahmen heller Sonnenschein erforderlich ist. Die Jahreszeit spielt keine Rolle, wohl aber der Himmel, denn dieser muß möglichst wolkenlos sein. Je blauer dann der Himmel bei dieser Aufnahme ist, desto besser wird das Ergebnis ausfallen. Die Zusammenhänge für den Ausfall solcher Aufnahmen sind folgende: Das Blau des Himmels erscheint durch sein geringes Reflexionsvermögen für Infrarot-Strahlen und durch die Verwendung eines Rotfilters im Bilde sehr dunkel. Aus den früheren Abschnitten haben wir ersehen, daß durch ein Rotfilter die Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers der Infrarotschichten ausgeschaltet wird. Ist Laub im Motiv vorhanden, so wird dieses im Positiv sehr hell wiedergegeben, da durch den Chloro-



Abb. 45. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid · Agfa-Filter Nr. 81 · Blende 12,5 · $\frac{1}{2}$ Sek.

Abb. 46. Agfa-Isopan-Film, ohne Filter Blende 12,5 · $\frac{1}{32}$ Sek.
Aufnahmen (2)
des Verfassers



phyleffekt (s. S. 70 bis 72) Infrarotstrahlen stark reflektiert werden und infolgedessen im Negativ an diesen Stellen eine intensive Belichtung stattfindet. Wir gewinnen dadurch den Eindruck von Mondbeleuchtung, denn in hellen Mondnächten erscheint dem Auge das Laub ja auch viel heller als der nächtliche Himmel.

Vielfach werden im Motiv Schlagschatten vorhanden sein, da die Aufnahmen ja bei Sonnenlicht entstehen. Diese Schlagschatten betonen den Eindruck von Mondlicht, zumal sie allgemein in dunklen Teilen des Bildes liegen werden. Weiße Wände oder andere helle Gegenstände sind für Mondlichteffekt-Aufnahmen sehr geeignet, wenn sie dem Motiv so eingefügt werden, daß sie zu der Stimmung von Mondschein passen. An einigen Motiven wollen wir diese Dinge eingehender besprechen. Es wurde schon gesagt, daß zur Erzielung guter Mondlichteffekte blauer

Himmel notwendig ist. Fehlt dieser, so erhalten wir keinen Effekt (Abb. 45).

Der weißlichgraue Himmel ist im Positiv der Infrarot-Aufnahme (Abbildung 45) genau so hell gekommen wie bei dem Vergleich auf orthopanchromatischem Film (Abb. 46). Ein großer Unterschied ist jedoch in der Wiedergabe des Laubes zu erkennen. Wir sehen, wie die Sträucher, eben durch die starke Reflexion des Infrarots an den Blättern, fast weiß wiedergegeben werden. Dieses Beispiel wurde gewählt, um zu zeigen, daß ohne blauen, wolkenlosen Himmel durch Infrarot-Aufnahmen kein Mondscheineffekt erzielt werden kann. Sind Wolken am Himmel, so wird eine Infrarot-Aufnahme, die einen Mondlichteffekt ausüben soll, schon ein Problem. Helle Wolken strah-

len sehr viel Infrarot zurück und sind dadurch für eine nächtliche Stimmung ungeeignet. Soll einmal eine Infrarot-Aufnahme bei bewölktem Himmel entstehen, dann müssen die Wolken in ihrer Art und Form so beschaffen sein, daß sie tatsächlich einem nächtlichen Himmel entsprechen würden.

Beim Herstellen der Positive haben wir es in der Hand, durch geeignetes Kopieren dem Bild die gewünschte Stimmung zu verleihen. Es darf nicht zu kontrastreich kopiert werden. Durch das Nachkopieren einzelner Bildteile läßt sich der „Mondlichteffekt“ manchmal noch erhöhen. In allen Fällen müssen aber die Bilder dunkel genug gehalten werden. Drei verschieden dunkel kopierte Bilder (Abb. 47-49) zeigen, wie Mondlichteffekt-Aufnahmen grundsätzlich zu kopieren sind.

Die meisten Infrarot-Negative bestechen durch ihre Brillanz und die Wiedergabe von Feinheiten. Allzu leicht wird ein solches Negativ zur Herstellung einer Normalkopie verleiten (Abb. 47). Sie entspricht dann etwa einem Abzug von einer auf pandromatischem Material hergestellten, stark gefilterten Aufnahme. Selbst wenn das Bild kräftiger ko-



Abb. 47. Infrarot - Aufnahme, normal kopiert, kein Nachteffekt.

Abb. 48. Infrarot - Aufnahme, kräftig kopiert, ungenügender Nachteffekt.



Abb. 48. Infrarot - Aufnahme, kräftig kopiert, ungenügender Nachteffekt.

Aufnahmen (3) des Verfassers

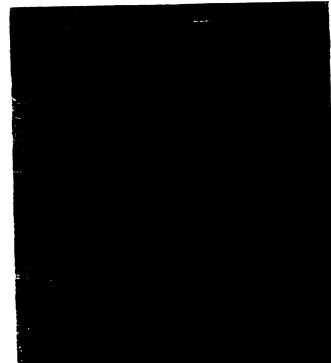


Abb. 49. Infrarot - Aufnahme, dunkel kopiert, Nachteffekt.

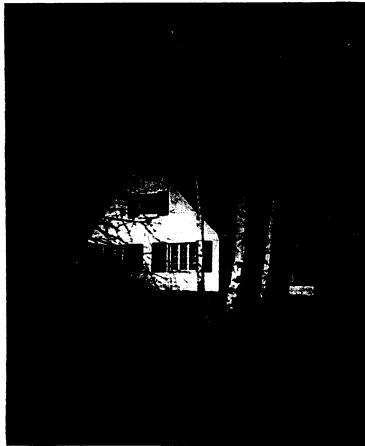


Abb. 50. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid Filter Nr. 42- Blende 12,5 1/2 Sek.



Abb. 51. Agfa-Isochrom-Film, ohne Filter · Blende 12,5 - 1/50 Sek.

Aufnahmen (2) des Verfassers

piert wird, ist noch kein voller Erfolg erzielt (Abb. 48). Man hat noch nicht den Eindruck einer nächtlichen Stimmung. Noch zu viele Einzelheiten sind zu erkennen. Erst wenn die Aufnahme wirklich dunkel kopiert wird, entsteht der Eindruck der Nacht. Die gespenstischen Ruinen, das als Licht erscheinende, in Wirklichkeit hell wiedergegebene Grün der Pflanzen und der Glanz auf dem Pflaster tragen zu dieser Stimmung bei (Abb. 49).

Mondscheineffekt-Aufnahmen mit unpassenden Wolken sind in der Regel zwecklos. Bei der Herstellung der Abzüge oder Vergrößerungen werden vorteilhaft erst verschieden dunkle Proben angefertigt, bevor man das endgültige Bild herstellt.

Die Infrarotaufnahme des Siedlungshauses (Abb. 50) wurde im Spätherbst gemacht. Wir sehen, wie der blaue Himmel dunkel geworden ist, wie die weiße Hauswand den Eindruck erweckt, als hätte sie in vollem Mondlicht gelegen, wir sehen, wie sich die hellen Birkenstämmе gegen den dunklen Himmel und das dunkle Dach abheben, und schließlich, den wie selbst der dunkle Baumstamm und auch die kleinen Sträucher des Vordergrundes Infrarotstrahlen reflektieren, zum Teil so, daß sie heller sind als bei der Vergleichsaufnahme (Abb. 51). Der volle Eindruck einer Mondscheinaufnahme wird besonders dann vermittelt, wenn wir die Vergleichsaufnahme bei der Betrachtung abdecken, was überhaupt bei den hier gezeigten Vergleichen beachtet werden sollte.



Abb. 52. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 9 · 1/10 Sek.

Im Winter lassen sich ebenfalls reizvolle Mondlichteffekt-Aufnahmen erzielen. Allerdings ist für solche Aufnahmen dann recht viel Schnee und auch Sonnenschein nötig, um gute bildliche Wirkungen zu erreichen. Sonnenschein im Winter ist meistens mit tiefem blauem Himmel verbunden, und dieser liefert uns bei den Infrataufnahmen den „nächtlichen“ dunklen Himmel. Der Schnee reflektiert den blauen Himmel, und wie schon besprochen wurde, wird Blau bei Verwendung von Infrarot-Material und Rotfilter dunkel. Nur der direkt durch die Sonne beschienene Schnee wird sehr hell wiedergegeben. Dadurch wirken Aufnahmen mit diesen Voraussetzungen kontrastreich und als Mondlichteffekt-Aufnahmen sehr überzeugend. In unserem Beispiel (Abb. 52) sind all die erwähnten erforderlichen Punkte enthalten. Wie unser Auge die Landschaft sah, zeigt die Vergleichsaufnahme (Abb. 53).



Abb. 53. Agfa-Isopan-Film, ohne Filter · Blende 9 · 1/10 Sek.
Aufnahmen (2) des Verfassers

Wie ein ganz anders geartetes Motiv bei einer Infrarot-Aufnahme erwirkt, vermittelt uns die Vergrößerung einer Kleinbild-Aufnahme (Abbildung 54). In diesem sommerlichen Motiv, aufgenommen bei schwachem Sonnenschein und blauem Himmel, waren nur leichte Wolken vorhanden. Sie fügen sich in diesem Falle dem Gesamtbild gut ein. Die Windmühle als Silhouette, der dunkle Himmel, das helle Kornfeld und die hellen Bäume ergeben den Eindruck einer klaren Mondnacht. Die wirklichen Verhältnisse gibt die „Normalaufnahme“ (Abb. 55) wieder. Einige weitere Kleinbild-Aufnahmen, jedoch nicht als Vergleichsbilder, sollen erkennen lassen, welche Möglichkeiten der Agfa-Infrarapid-Film 750 bietet. Trotz des stets erforderlichen Rotfilters kann man Freihand-Aufnahmen vornehmen. Der Belichtungsmesser wird bei dieser Filmsorte

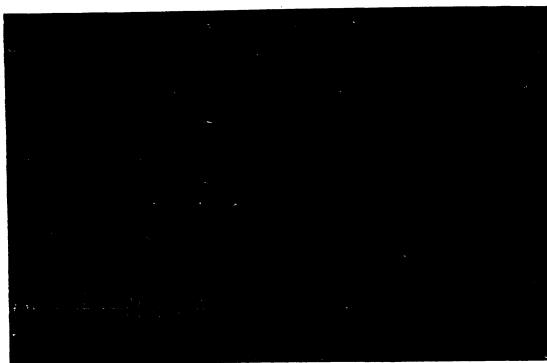


Abb. 54 (oben) · Abb. 55 (unten)



64

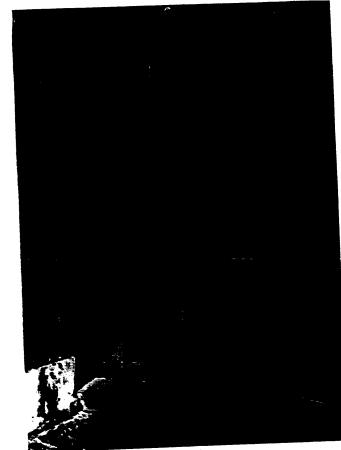
für Mondlichteffekt-Aufnahmen auf 14 bis 15/10 DIN eingestellt und führt dann zu sicheren Ergebnissen.

Ein Gäßchen mit kleinen Fachwerkhäusern in der Nähe einer Kirche strömt eine Ruhe aus, als wenn es sich wirklich um eine bei Mondschein entstandene Aufnahme handelt (Abb. 56).

In der Stimmung ähnlich, im Aufbau des Motivs so ganz anders, ist das nächste Bild. Trotz der Mondscheininstimmung ist die Vielfältigkeit der Architektur zu erkennen, die diesem Bild auch ihren Reiz verleiht, der erhöht wird durch das auf den Ziegeln liegende Licht. Gegen den ehenachts schwarzen Himmel hebt es sich gut ab, ebenso der Giebel des ehemaligen Pfarrhauses.

Abb. 54.
Agfa-Infrarapid-Film 750
Agfa-Filter Nr. 80 · Blende 8
 $\frac{1}{25}$ Sek.

Abb. 55.
Agfa-Superpanfilm,
ohne Filter · Blende 8 · $\frac{1}{100}$ Sek.
Agfa-Archivbilder (2)



65

Abb. 56.
Agfa-Infrarapid-Film 750
Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 8
 $\frac{1}{20}$ Sek.
Aufnahme des Verfassers

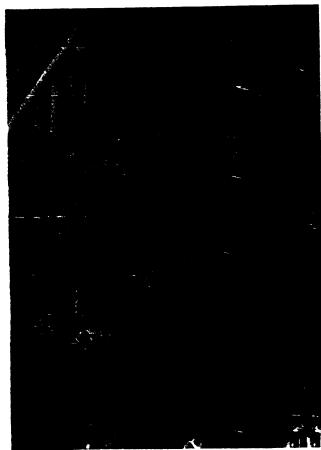


Abb. 57.
Agfa-Infrarapid-Film 750
Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 11
 $\frac{1}{50}$ Sek.
Aufnahme des Verfassers

Abb. 58.
Agfa-Infrarapid-Film 730
Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 8
 $\frac{1}{50}$ Sek.
Aufnahme: Reinhard Nürnberg
Abb. 59.
Agfa-Infrarapid-Film 730
Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 8
 $\frac{1}{50}$ Sek.
Aufnahme: Günther Schlag

maligen Klosters. Das Laub der Bäume erhöht die Stimmung des Ganzen (Abb. 57).

Dorfstraße bei Nacht (Abb. 58). So könnte man dieses Bild bezeichnen, obwohl es doch in der Mittagssonne aufgenommen wurde. Die manchen Infrarot-Aufnahmen eigene Weidheit kommt in dieser Aufnahme zur Geltung. Diese Weidheit in den Konturen unterstützt die nächtliche Stimmung, wie wir sie auch tatsächlich bei Mondschein empfinden.

Ein schöner Schnappschuß aus dem Erzgebirge mit dem Agfa-Infrarapid-Film 750 gelang dem Bildautor mit dem „Haus im Mondschein“ (Abb. 59). Auch diese Aufnahme wurde bei Sonne, wenn sie auch schon etwas tief stand, vorgenommen.



Abb. 58 (oben) · Abb. 59 (unten).

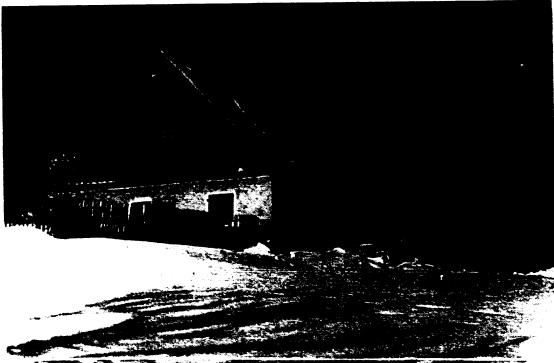




Abb. 60. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 12,5 · $\frac{1}{25}$ Sek.

In der Kineindustrie wird der Infrarapid-Film 750 ebenfalls für Effekte eingesetzt. Schon so manche „nächtliche Szene“ hat uns im Kino gefangen genommen, ja, tief beeindruckt verließen wir die Vorstellung. Nach fachlichen Überlegungen kann dann festgestellt werden, daß einzelne der Bildbänder bei hellstem Sonnenschein oder künstlicher Beleuchtung mit Hilfe von Infrarot-Strahlen und -Materialien entstanden sind. Abschließend soll zu diesem Abschnitt noch mitgeteilt werden, daß es zwecklos ist, große Wasserflächen mit in das Bildfeld hereinzunehmen. Sie würden, besonders bei blauem Himmel, tiefschwarz wiedergegeben werden und stellen dann einen nur flächig, unschön wirkenden Teil des Bildes dar.

Fernsichten

Die Luft ist kein klares Medium; kleinste Wassertropfen und winzige Staubteilchen schweben darin. Sie bedingen, daß die von ihnen reflek-



Abb. 61. Agfa-Isopan-Film, ohne Filter · Blende 12,5 · $\frac{1}{25}$ Sek.
Aufnahmen (2) des Verfassers

tierten Lichtstrahlen bläulich erscheinen. Dadurch erwecken Gegenstände in der Ferne den Eindruck, als wären sie mit einem hellen blauen Schleier überzogen. Wenn eine Aufnahme gefordert wird, die diesen Schleier im Bilde nicht darstellen soll, dann ist sie nur durch die Infrarot-Photographie möglich. Die reflektierten Infrarotstrahlen durchdringen solche Dunstschichten und können auf der photographischen Schicht eine Belichtung ausüben. Feinste Einzelheiten der Ferne, die sonst hinter dem Dunstschiefer verborgen bleiben, werden dadurch zur Abbildung gebracht.

In einem flachen Gelände, wo die Sicht an und für sich gering ist, können schon merkliche Unterschiede gegenüber einer normalen Aufnahme erzielt werden. Bei der Normalaufnahme (Abb. 61) sieht man hinter den Weiden des Vordergrundes nur noch einen quer im Bilde verlaufenden Streifen von Bäumen, mit Buschwerk durchsetzt. Die In-



Abb. 62. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende $12.5 \cdot 1_{\frac{1}{10}}$ Sek.

Abb. 63. Agfa-Isopan-F-Film, ohne Filter · Blende $12.5 \cdot 1_{\frac{1}{100}}$ Sek.

Abb. 64. Agfa-Isopan-F-Film · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende $12.5 \cdot 1_{\frac{1}{10}}$ Sek.
Aufnahmen (3) des Verfassers

frarot-Aufnahme (Abb. 60) lässt darüberhinaus noch im Hintergrund nach einer schmalen Fläche einen weiteren Streifen von Bewachungen und im Himmel eine schwache Wolkenbildung erkennen.

Bei hoch gelegenen Standpunkten lassen sich, je nach den atmosphärischen Bedingungen, Entfernung von 20 bis 100 km überwinden. Immer wieder ist es eine Freude, wie solche Bilder Einzelheiten deutlich wiedergeben, die in der Natur vom Auge nicht wahrgenommen wurden.

Belaubungen werden durch den Chlorophylleffekt (Woodeffekt), wie wir bereits an früheren Abbildungen feststellen konnten, im Bilde hell erscheinen (Abb. 62). Das Chlorophyll und die anderen Farbstoffe ei-



Abb. 63 (oben) · Abb. 64 (unten)





Abb. 65. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid · Agfa-Filter 82 · Blende 12,5 · 1/2 Sek.

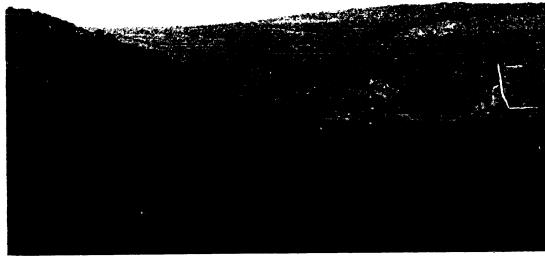


Abb. 66. Agfa-Isopan-F-Film, ohne Filter · Blende 12,5 · 1/100 Sek.
Aufnahmen (2) des Verfassers

nes Blattes lassen nämlich das Infrarot ungehindert hindurch. Es trifft auf das Schwammparenchym mit seinen luftgefüllten Zwischenräumen, das nahe der Unterseite des Blattes liegt, und wird vollkommen reflektiert, wodurch eine intensive Belichtung auf dem Film oder der Platte erfolgen kann. Nadeln sind in ihrem Aufbau von den Blättern verschieden. Sie reflektieren das Infrarot nur in geringem Maße und erscheinen deshalb im Bilde auch nicht so hell (Abb. 62).

Als Fernsicht betrachtet, gibt diese Aufnahme Einzelheiten wieder, die in der Vergleichsaufnahme (Abb. 63) nicht zu erkennen sind. In diesem Zusammenhang soll einer Ansicht entgegentreten werden, der man oft begegnet. Mit rot gefilterten Aufnahmen auf orthopanchromatischem Material sollen infraröthliche Ergebnisse erzielt werden können. Die Vergleichsaufnahme (Abb. 64) wurde auf orthopanchromatischem Material unter Verwendung eines Rotfilters durchgeführt. Sie ist

wohl der ungefilterten Aufnahme überlegen, erreicht aber bei weitem nicht die klare Fernsicht der Infrarot-Abbildung.

Im Harz ist der Brocken vom Hexentanzplatz aus nicht an allen Tagen zu erkennen (Abb. 66). Erst durch Verwendung eines geeigneten Infrarot-Materials war es möglich, den Dunstschleier zu durchdringen und den Brocken auf dem Bilde darzustellen (Abb. 65).

Infrarot-Aufnahmen im Hochgebirge lassen die Ferne in einer geradezu phantastischen Plastik hervortreten. Mit der sonst üblichen bildmäßigen Photographic haben solche Aufnahmen nichts mehr zu tun. Dafür ist, wie bereits anfangs im Abschnitt über Fernsichten erwähnt, die Aufgabenstellung ja auch ganz anders.

Vom Rigi (1800 m) ergibt sich dem Besucher eine Fernsicht über den Vierwaldstätter See hinweg nach den Schweizer Alpen (Abb. 68). Die



Abb. 67. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid · Agfa-Filter Nr. 85 · Blende 18 · 1 Sek.

Berge und der See verschwinden im morgendlichen Dunst. Der Vordergrund dagegen ist deutlich abgebildet.

Wie anders ist das Ergebnis nach dem gleichen Motiv (Abb. 67) mit einer Infrarot-Platte und Rotfilter! Im Hintergrund sind die Berge gegenüber der anderen Aufnahme bis zum Horizont in ihrer Form eindrucksvoll wiedergegeben.

Über Infrarot-Fernaufnahmen berichtet E. v. Angerer, München (5), sehr ausführlich. Er arbeitete mit einem plankonvexen Brillenglas von 1 Dioptrie, also $f=1$ m, in Verbindung mit dem Schott-Filter RG 2 oder einem für Infrarot korrigierten Objektiv der Fa. C. A. Steinheil Söhne von 70 mm Öffnung und 1 m Brennweite mit Rotfilter und Korrektionslinse.

Angerer hatte gegen die Verwendung eines Brillenglasses wegen der Farbfehler keine Bedenken, da der für die Aufnahmen in Betracht kommende infrarote Wellenbereich sehr schmal und damit die Strahlung



Abb. 68. Agfa-Isopan-Film, ohne Filter · Blende 18 · 1 $\frac{1}{10}$ Sek.
Aufnahmen (2) des Verfassers

praktisch monochromatisch ist. Die von ihm veröffentlichten Infrarotaufnahmen weisen in dieser Hinsicht auch keinerlei Mängel auf, jedoch ist die mit dem erwähnten Steinheil-Objektiv erzielte Schärfe größer. Bei Föhnwetter, wenn die Berge sehr klar erscheinen, können durch die Inhomogenität der Luftsäule auf große Entfernen trotzdem relativ unscharfe Bilder erhalten werden.

Angerer stellt fest, daß mit Infrarot-Platten bei Gebirgsaufnahmen, auch im Gegenlicht, angenehme Bilder zu erzielen sind, die dann aber nicht den Charakter von Infrarotaufnahmen zeigen.

Vom fast gleichen Standpunkt aus wie bei den vorigen Aufnahmen, jedoch in Richtung des Tieflandes gesehen, ergeben sich Bilder mit der Wirkung von Luftbildaufnahmen. Der Dunst läßt die Aufnahme mit Isopan-Film verschleiert erscheinen (Abb. 70). Durch die Infrarotaufnahme (Abb. 69) ist in einer frappanten Deutlichkeit das unten liegende Gebiet in einer



Abb. 69 (oben) · Abb. 70 (unten)



76

Entfernung von etwa 2 bis 60 km zu erkennen. Die Grauwerte stimmen nicht mehr, das wissen wir ja schon aus dem früher Gesagten, aber die Lage der Straßen, Bahnlinien, Ortschaften usw. ist genau auszumachen. An dieser Infrarot-Aufnahme ist auch zu sehen, daß man Wasserflächen, in denen sich der tiefblaue, wolkenlose Himmel spiegelt (dunkle Bildteile des Vordergrundes), mit Infrarot-Materialien nicht aufnehmen sollte, denn sie werden als vollkommen schwarze detaillose Flächen wiedergegeben.

Handelt es sich bei den bisher gezeigten Fernsichten um Infrarot-Aufnahmen auf Platten des Formates 9 × 12 cm, die durch das größere Ausgangsformat nur selten sehr stark vergrößert werden müssen, so lassen sich auch Fernsichten im Kleinbildformat mit dem Agfa-Infrarapid-Film 750 durchführen. Wird die Scharfeinstellung sorgfältig vorgenommen, dann kann auch noch nachträglich vergrößert werden (Abb. 71).

Abb. 69. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid · Agfa-Filter Nr. 85 · Blende 18 · 1 Sek.
Abb. 70. Agfa-Isopan-Film, ohne Filter · Blende 18 · 1/10 Sek.

Aufnahmen (2) des Verfassers
Abb. 71. Agfa-Infrarot-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 8 · 1/50 Sek.
Aufnahme: Günther Schlag



77

Durchdringung von trüben Medien

Durch optisch klare Medien gehen alle Strahlen geradlinig hindurch. Bei Trübungen tritt eine Streuung des Lichtes ein, die bei kurzwelliger Strahlung am stärksten ist. Die langwelligen infraroten Strahlen werden durch solche Trübungen weniger gestreut oder treten, je nach der Beschaffenheit des Mediums, geradlinig hindurch. Diese Eigenschaft lässt sich wiederum durch die Infrarot-Photographie verwerten.

An einem Versuchsobjekt, das uns täglich zur Verfügung steht, können wir einige praktisch verwertbare Erkenntnisse gewinnen. Die gebräuchlichen Glühlampen sind in der Regel mattiert. Der glühende Faden einer Lampe ist dem Auge als solcher nicht sichtbar, sondern erscheint flächig hell. Bei einer Aufnahme mit orthopanchromatischem Film liegen die Verhältnisse ebenso. Erst durch eine Infrarot-Aufnahme, selbstverständlich mit Filter, ist der Glühfaden trotz der Mattierung deutlich zu erkennen. Aus diesem Experiment lassen sich Schlüsse ziehen, die auf andere Verhältnisse angewandt werden können.

Wie verhält sich nun Wasser gegenüber photographisch verwendbarer Infrarot-Strahlung? Nach Forsythe und Christison (6) ist reines Wasser für die Strahlen des sichtbaren Spektrums und für das photographisch verwertbare Infrarot in einer Schicht bis 1 mm Dicke durchlässig. Bei einer Dicke von 1 cm nimmt die Durchlässigkeit in dem photographisch verwertbaren langwelligen Teil des Infrarot rasch ab (Abb. 72).

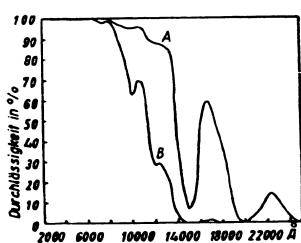


Abb. 72. Spektral: Durchlässigkeit des Wassers (nach Forsythe und Christison).
Kurve A: Durchlässigkeit einer Wasserschicht von 1 mm Dicke.
Kurve B: Durchlässigkeit einer Wasserschicht von 1 cm Dicke.
Mit frdl. Genehmigung des Verlages W. Girardet, Wuppertal-Eberfeld, den Röntgen-Blättern 4. Jahrgang, 1. Heft 1951, entnommen.

Abb. 73. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid · Agfa-Filter Nr. 85 · Blende 12,5 · 1 S k.
Abb. 74. Agfa-Isopan-F-Film, ohne Filter · Blende 12,5 · 1/5 Sek.
Aufnahmen (2) des Verfassers



Abb. 73 (oben) · Abb. 74 (unten)





Abb. 75. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid · Agfa-Filter Nr. 84 · Blende 12,5 · 1 Sek.

Ist das Wasser durch gelöste Salze oder Farbstoffe getrübt, so treten naturgemäß stärkere Schwächungen auf. Nebel ist Wasser in feinster Verteilung. Es hat in den vergangenen Jahrzehnten nicht an Versuchen gefehlt, mit Hilfe der Infrarot-Photographie Nebel zu durchdringen. Insbesondere wurde versucht, der Schifffahrt die Infrarot-Photographie nutzbar zu machen. Brauchbare Ergebnisse sind nicht bekannt geworden. Es lässt sich nicht immer im voraus bestimmen, in welchen Fällen Gegenstände noch durch den Nebel photographiert werden können. Ausschlaggebend sind dessen Dichte und die Größe seiner einzelnen Tropfen.

Je nach der Jahreszeit, den Witterungsverhältnissen und der Tagesstunde liegt über Flussläufen mehr oder weniger Nebel. Ob der im Tal über einem Fluss liegende Nebel durchdrungen werden kann, ließ uns der Aufnahmevergleich der vorangegangenen Seite bereits erkennen (Abb. 73 u. 74). Die Aufnahmen entstanden an der Elbe bei Bad Schandau und erfolgten, wie bei allen in diesem Buch gezeigten Vergleichen, unmittelbar nacheinander, stets mit der gleichen Kamera und demselben Objektiv.

Abb. 76. Agfa-Isochrom-Film, ohne Filter · Blende 12,5 · 1/25 Sek.
Aufnahmen: Richard Grabsch

Nebel liegt aber nicht nur über Flussläufen. Er kann in allen Gegenden auftreten, und zwar in den verschiedensten Formen und in unterschiedlicher Dichte. Deshalb soll auch noch ein anderes Beispiel gezeigt und besprochen werden, um weitere Erkenntnisse zu gewinnen.

An einem etwas nebligen spätherbstlichen Tag mit schwachem Sonnenschein wurden die Aufnahmen (Abb. 75 und 76) unter den gleichen Verhältnissen nacheinander gemacht. Bei der gewöhnlichen Aufnahme sind die nur etliche Meter vom Aufnahmestandpunkt entfernt stehenden Bäume deutlich zu erkennen; der Bahndamm mit den Bäumen und dem Signalmast in etwa 60 bis 80 m Entfernung erscheint nur undeutlich, schemenhaft. Alles Dahinterliegende ist für uns nicht mehr erkennbar. Dagegen sind bei der Infrarotaufnahme die genannten Dinge eindeutig auszumachen und darüber hinaus auch noch weiter entfernt liegende Einzelheiten zu erkennen. Die hell wiedergegebenen Flächen sind mit Wintersaat bestellte Felder. Auch bei dem Grün dieser Felder wirkt sich der Chlorophylleffekt stark aus. Sie erscheinen dadurch bei der Infrarotaufnahme fast weiß.



Abb. 77. Aufnahme mit Infrarot-Material und Rotfilter.



Abb. 78. Aufnahme mit orthochromatischem Film,
ohne Filter.
Aufnahmen des Verfassers

Ein Durchdringen von Wolken mit Hilfe von Infrarot-Materialien ist nicht möglich, denn hier handelt es sich ja um die Zusammenballung winziger Wassertropfchen in großem Umfang. Ein Vergleich soll uns überzeugen, wie in diesem Falle die Verhältnisse liegen. Ziehende Wolken (Abb. 77 und 78) versperren den Blick zu der gegenüberliegenden Gebirgswand und dem weit unten gelegenen Tal. Die Wolken zogen zwar sehr schnell und veränderten sich ununterbrochen. Deshalb ist die Wolkenbildung bei den Vergleichsaufnahmen nicht absolut gleichmäßig. Trotzdem sind aber prinzipielle Erkenntnisse über das Durchdringen von Wolken zu gewinnen. Es war fast ohne Einfluß, ob zur Aufnahme orthochromatisches Material oder Infrarot-Material mit Rotfilter benutzt wurde. Die Wiedergabe der Wolken ist in beiden Fällen gleich. Lediglich die Tanne im Vordergrund wurde bei der Infrarot-Aufnahme heller abgebildet.

Luftbildaufnahmen

Im Prinzip gelten für Luftbildaufnahmen mit Hilfe von Infrarot-Materialien analog die in den beiden vorigen Abschnitten besprochenen Grundsätze. Infrarot-Luftbildaufnahmen sind wichtig für die Geographie und die Aerophotogrammetrie. In beiden Fällen kommt es auf schärfste Wiedergabe feinstcr Einzelheiten an. Deshalb kann in diesen Fällen zu den Infrarot-Platten „Hart“ gegriffen werden, die aber dann in einem geeigneten Entwickler zu einer etwas flacheren Gradation zu entwickeln sind. Leider stehen dem Verfasser für das Gebiet der Luftbildaufnahmen keine Abbildungen zur Verfügung.

Interessant ist, wie 1931 auf dem VIII. Internationalen Kongreß für wissenschaftliche und angewandte Photographic von A. P. H. Trivelli, Ro-

chuster (7), über „eine merkwürdige Photographie“ berichtet wird. Es heißt wörtlich:

Kapt. A. W. Stevens ist in Argentinien in der Nähe von Villa Mercedes in einem Flugzeug 6,5 km hoch aufgestiegen. Im Flugzeug hatte er eine Kamera mit Infrarot-Filter und Kryptocyaninplatten*. Durch Winkelmessungen konnte er den Abstand zwischen der Basis des Flugzeuges und Villa Mercedes feststellen. In 6500 m Höhe hat er die Kamera dahin gerichtet, wo er sich vorstellte, daß das Andengebirge sei. Von diesem Gebirge konnte er gar nichts sehen. Nach Entwicklung und Kopieren bekam er eine „merkwürdige“ Photographie. Darauf sieht man den Gipfel des Andengebirges am Horizont in Folge des Durchdringungsvermögens der infraroten Strahlen durch die Atmosphäre photographiert. Der größte Teil des Gebirges ist hinter der Krümmung der Erde verborgen. Rechts sieht man einen Gipfel, den 7000 m hohen Aconcagua. Der Abstand dieses Berges von Villa Mercedes war geographisch bekannt, und so konnte festgestellt werden, daß der Abstand zwischen Kamera und Aconcagua 470 km ist.

Die ganze Strecke, welche photographiert wurde, war 112 km oder $\frac{1}{3}$ des Erdumfangs. Der Horizont zeigt eine schwache Krümmung, welche auf der Originalphotographie einen Radius von 25 m hat, was übereinstimmt mit der Krümmung der Erde, so daß hier zum erstenmal die Erdkrümmung photographiert ist.*

In neuerer Zeit sind aus noch größerer Höhen, zum Teil mit Hilfe von Raketen, Infrarot-Aufnahmen durchgeführt worden, die aufschlußreiche Erkenntnisse brachten.

Zum Zwecke der Aufklärung wurden spezielle Infrarot-Filme in großem Maße verwendet. Mit Leichtigkeit konnten gut getarnte Stellungen im Gelände und in Waldungen durch den bekannten Chlorophylleffekt ausgemacht werden, da das Grün der Natur bei der Infrarot-Aufnahme im Bilde weiß erscheint, dagegen andere Gegenstände dunkel abgebildet werden. Die steilere Gradation der Infrarot-Materialien ist in diesen Fällen ebenfalls von Nutzen. Allerdings soll hier auch darauf hingewiesen werden, daß dichter Bodennebel aus großen Höhen mit den Infrarot-Materialien nicht durchdrungen werden kann.

* Sensibilisator für Infrarot-Platten.

Portrait-Aufnahmen

An den Fachphotographen werden Wünsche mannigfaltigster Art herangetragen. Es ist nicht immer leicht, alle diese Wünsche zu erfüllen. Sie haben mit einer Wiedergabe der Wirklichkeit oft wenig zu tun, entspringen vielfach einer Laune des Geschmacks und werden doch von dem Fachmann erfüllt, denn es ist ja sein Beruf. In anderen Fällen wird der Photograph natürlich seinem Empfinden gemäß arbeiten, um seinen Bildern seine eigene Note zu geben. Beim Porträtieren kommen aber Fälle vor, die mit den üblichen Filmen oder Platten nicht zu bewältigen sind; er wird zu besonderen Aufnahmematerialien greifen, die oftmals eine große Hilfe darstellen.

Nicht allen Photographen ist es geläufig, daß Infrarot-Materialien auch für die Atelierarbeit in Betracht kommen. Deshalb sollen einige Beispiele besprochen werden. Sie mögen nur als Anregung dienen; denn Können des Photographen ist es in die Hand gegeben, Infrarot-Materialien dann anzuwenden, wenn er dadurch den Wünschen seiner Kundschaft entgegenkommen kann, wenn er hinsichtlich der Grauwerte besondere Bilder erzielen will oder auch, wenn er dadurch sehr schwierig auszuführende Retuscharbeiten einsparen kann.

Allgemein ist bekannt, daß dunkelhäutige Menschen unter normalen Aufnahmeverhältnissen nicht hell abgebildet werden können. Mit Hilfe der Infrarot-Photographie jedoch ist dies möglich, wie wir es an den Ergebnissen nach Aufnahmen von einem Menschen mit dunkler Hautfarbe sehen (Abb. 79 bis 81).

Alle Aufnahmen entstanden in einem Kunstabtöpfertatelier unter Beleuchtung mit Nitraphotlampen. In der Regel wird im Interesse einer kurzen Belichtungszeit in solchen Ateliers mit pan- oder orthopanchromatischen Filmen oder Platten gearbeitet (Abb. 79). Eine Aufnahme mit etwas anderer gewählter Beleuchtung, unter sonst gleichen Bedingungen, aber mit Infrarot-Platte und Rotfilter aufgenommen, gibt das Gesicht verhältnismäßig hell wieder (Abb. 80). Die Lippen sind allerdings sehr „blutleer“. Interessant ist an diesem Bilde, daß das schwarze Haar unbeeinflußt bleibt, es reflektiert also kein Infrarot. In der Porträt-Photographie gibt es einige Fälle, in denen auch Infrarot-Aufnahmen ohne



Abb. 79. Agfa-Isopan-ISS-Planfilm, ohne Filter · Blende 4,5 · 1/3 Sek.



Abb. 80. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid Filter Nr. 81 · Blende 4,5 · 1 Sek.



Filter mit Erfolg durchgeführt werden können, worauf wir auch noch zu sprechen kommen (Seite 89 bis 90). In dem vorliegenden Fall wurde das Ergebnis aber ungünstiger (Abb. 81). Die bei den Agfa - Infrarot-Platten gegenüber dem Rot und Infrarot höher liegende Blauempfindlichkeit wird wirksam, das Gesicht wird im Positiv noch dunkler wiedergegeben.



Abb. 82. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid Agfa-Filter Nr. 83 · Blende 7,7 · 3 Sek.



Abb. 83. Agfa-Isopan-Porträtfilm, ohne Filter · Blende 7,7 · 1/3 Sek.
Aufnahmen: Willi Töpper

Der nächste Vergleich behandelt eine aufzunehmende Person, welche an einer Erkrankung leidet, die sich in starken Rötungen und Flecken im Gesicht äußert. Eine Aufnahme im Licht von 3 Nitraphotlampen (je 500 Watt) zeigt, wie die Krankheitsmerkmale abgebildet werden, wenn mit dem sonst üblichen orthopanchromatischen Film gearbeitet wird (Abb. 83). Dem Film kann deshalb kein Vorwurf gemacht werden, denn orthopan heißt ja, die Farben der Augenempfindlichkeit entsprechend in ihren Grauwerten wiederzugeben. Die einzelnen Flecke durch Retusche zu beseitigen, dürfte für den erfahrenen Photographen kein Problem bedeuten. Anders verhält es sich mit den Rötungen. Gewiß sind auch diese Partien zu mildern. Immer ist aber eine umfassende Bearbeitung erforderlich.

Dieser Mühe kann man sich entziehen, wenn Infrarot-Material eingesetzt wird, womit wir ohne die Notwendigkeit jeglicher Retusche eine Aufnahme erhalten (Abb. 82). Die Bluse hat ein ganz anderes Aussehen



Abb. 84. Agfa-Isopan-Porträtfilm, ohne Filter · Blende 6,3 · 1 $\frac{1}{2}$ Sek.



Abb. 85. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid, ohne Filter · Blende 6,3 · 1 $\frac{1}{2}$ Sek.

bekommen. Mit dieser Verfälschung wird man sich in solchen Fällen aber gern abfinden. Man kann auch der Kundschaft raten, sich zur Aufnahme entsprechend zu kleiden.

Stark sommersprossige Personen aufzunehmen, bedeutet für den Photographen stets eine erhebliche Belastung durch die später erforderliche Retusche. Oft handelt es sich dabei um Menschen mit einem zarten Teint, blauen Augen und rötlich-blondem Haar. Rufen wir uns in das Gedächtnis zurück, wie die Farben mit einem orthopanchromatischen Porträtfilm wiedergegeben werden. Die kräftig braunen Sommersprossen werden dunkel. Ist der Anteil an rötlicher Färbung des Haares groß, so muß auch dieses verhältnismäßig dunkel zur Abbildung kommen. Ein dunkelblaues Auge muß unter diesen Verhältnissen ebenfalls dunkel erscheinen. Zum Studium wurde eine Frau gewählt, bei der diese Merkmale gegeben waren (Abb. 84).



Abb. 86. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid, mit Agfa-Gelbfilter 3 · Blende 6,3 · 1 $\frac{1}{2}$ Sek.

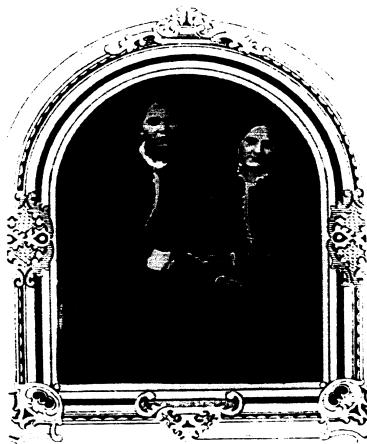


Abb. 87. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid, mit Agfa-Rotfilter 42 · Blende 6,3 · 1 Sek.
Aufnahmen: Willi Töpper

Nun wollen wir bei einem stufenmäßig durchgeföhrten Vergleich die Veränderung beobachten. Eine nicht zu hoch sensibilisierte Infrarot-Platte wurde für eine Aufnahme der gleichen Frau verwendet, aber ohne Anwendung eines Filters (Abb. 85). Ergebnis: gleiche Belichtungszeit, wesentlich weniger Sommersprossen, etwas aufgehellt Haar und kaum dunklere Augen – eine Folge der vorhandenen Blauempfindlichkeit der Infrarot-Platte und einer Empfindlichkeit im nahen sichtbaren Rot. Läßt sich das Ergebnis durch Anwendung eines Gelbfilters verbessern? Durchaus (Abb. 86). Die Belichtung mußte reichlich verdoppelt werden, Sommersprossen sind praktisch nicht mehr vorhanden, das Haar ist in der Abbildung noch heller geworden und das Auge, wie wir es vom Filtern bei den sonst üblichen Filmsorten her kennen, dunkler dargestellt.

Im letzten Bild unserer Versuchsreihe (Abb. 87) haben wir eine, in strengem Sinne genommen, ausgesprochene Infrarot-Aufnahme vor uns. Sie wurde, der üblichen Form einer Infrarot-Aufnahme entspre-

chend, unter Vorschaltung eines Rotfilters durchgeführt. Ergebnis dieses Versuches: Belichtungszeit mußte abermals verdoppelt werden. Die Sommersprossen sind beseitigt, das Haar ist noch heller abgebildet, und die Augen, ja selbst das bläuliche Weiß der Augen, sind ziemlich dunkel geworden. Einer zu hellen Wiedergabe der Lippen kann durch leichtes Schminken mit einem bläulichen Lippenstift begegnet werden. Die zu dunkel wiedergegebenen Augen lassen sich später im Negativ mit Neu-Coccin abdecken. Dieser mit einem Pinsel aufgetragene rote Farbstoff hat die Eigenschaft, die Gelatineschicht anzufärben. Je nach der Dichte kopieren so behandelte Stellen heller. Zur Erzielung der nötigen Schärfe mußte bei der Aufnahme jeweils mit dem benutzten Filter eingestellt werden.



Reproduktion
einer gut erhaltenen
Daguerreotypie

Abb. 88. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid
Agfa-Filter Nr. 42
Blende 11 · 45 Sek.
Beleuchtung:
Nitralicht 1000 Watt.

Reproduktionen von Daguerreotypien

Wer mit der Geschichte der Photographie nicht vertraut ist, dem wird die Bezeichnung Daguerreotypie auch nicht geläufig sein, denn dieses Verfahren wird heute nicht mehr ausgeübt. Es handelt sich dabei um Bilder aus den Anfängen der Photographie, die seit dem Jahre 1839 in Umlauf kamen und innerhalb weniger Jahre eine starke Verbreitung fanden.

Das Verfahren erhielt seinen Namen nach seinem Miterfinder, dem Franzosen Daguerre. Er hatte mit seinem Landsmann Niépce den gleichen Gedanken verfolgt und später mit dem Sohn des letzteren zur Herstellung der Photographien polierte Kupferplatten verwendet, auf die Silberschichten aufgelegt wurden. Auf diesen Platten bildete sich

Reproduktion
einer gut erhaltenen
Daguerreotypie

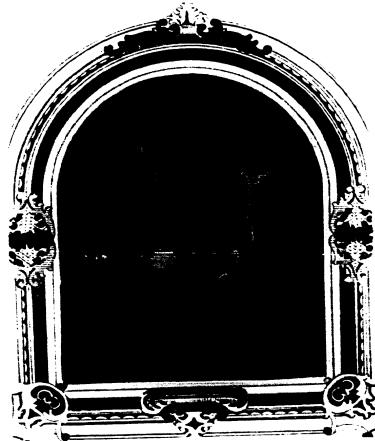


Abb. 89. Agfa Phototechnischer Film B. unsensibilisiert, ohne Filter Blende 11 · 20 Sek.
Reproduktionen:
Margarete Herkenrath



Reproduktion
einer stark fleckigen,
verfärbten und matt
belegten Daguerreotypie

Abb. 90. Agfa-Infrarot-
Platte 750 Rapid · Agfa-
Filter Nr. 81 · Blende 11
30 Sek.
Beleuchtung:
Nitralicht 1000 Watt.

durch Einwirkung von Joddämpfen eine lichtempfindliche Jodsilber- schicht. So vorbereitete Platten dienten zur Aufnahme und führten nach der Entwicklung durch Quecksilberdämpfe direkt zum Bild. Durch Behandlung in einer Natriumthiosulfatlösung wurden die Platten lichtecht gemacht. Es waren seitenverkehrte Negative, die durch die glänzende Silberplatte nur in bestimmter Blickrichtung zu betrachten waren, aber dann als positives Bild erschienen. Solche Daguerreotypien stellen oft einen unschätzbar wert für die Geschichte, die Familie, den Sammler und den Forscher dar und sollen daher vielfach in ihrem Bildinhalt durch eine Neuaufnahme der Nachwelt erhalten bleiben. Da sie oft fleckig geworden sind, verblassten oder auch mit einem matten Schein belegt sind, ist eine gute Reproduktion mit gewöhnlichen Mitteln nur schwer möglich. Einfacher und sicherer führt eine Infrarot-Auf-

Reproduktion
einer stark fleckigen,
verfärbten und matt
belegten Daguerreotypie

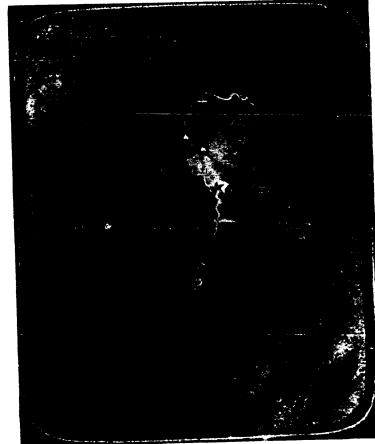


Abb. 91. Agfa Phototech-
nischer Film B, unsensi-
biisiert, ohne Filter
Blende 11 · 60 Sek.
Reproduktionen:
Margarete Herkenrath

nahme zum Ziel. Sie wird wegen der besser regulierbaren Beleuchtung vorteilhaft mit Nitra- oder Nitraphotlicht in Verbindung mit einem Rotfilter vorgenommen. In der Regel werden Infrarot-Platten Rapid oder der Infrarapid-Film 750 für derartige Reproduktionen verwendet.

Reproduktionen von vergilbten Vorlagen

Das Papier von Schriften, sei es handbeschrieben oder bedruckt, kann durch Alterung, ungünstige Lagerung, starke Wärmeeinwirkung u. ä. bisweilen eine gelbe bis braune Färbung annehmen. Hat zeitweise auch Feuchtigkeit auf das Papier einwirken können, so sind Stockflecke meist eine unausbleibliche Folge. In noch schlimmeren Fällen kann eine Gelbfärbung durch Brand verursacht sein. Nicht selten handelt es

sich bei solchen Schriftstücken um unersetzbliche Dokumente, die einen kulturellen, wissenschaftlichen oder auch historischen Wert besitzen, deren Inhalt aus diesem Grunde originalgetreu erhalten werden soll. Ähnlich kann es sich mit Photographien, Lithographien, Radierungen und Zeichnungen aller Art verhalten.

Derartige Vorlagen durch photographische Abbildungen zu sichern, ist das Ziel. Solche Arbeiten mit unsensibilisierten Schichten auszuführen, wird hoffnungslos sein. Panchromatische Schichten können in manchen Fällen schon eine große Hilfe bedeuten. Immer aber ist die Anwendung von Infrarot-Materialien angebracht, in schwierigen Fällen, d. h. bei starker Vergilbung (Brand), sogar unumgänglich notwendig. Ob die Reproduktionen bei Tages- oder Kunstlicht vorgenommen werden, ist gleichgültig. In jedem Falle wird jedoch ein Rotfilter erforderlich. Da die Schriften in dem Positiv schwarz auf weißem Grund erscheinen sollen,

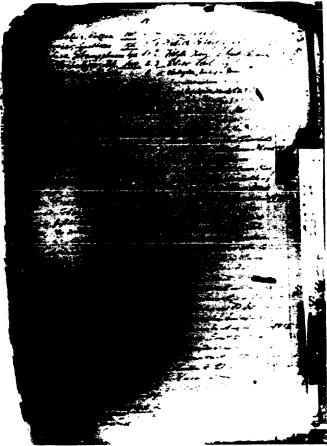


Abb. 92. Agfa-Infrarot-Platte 800 Hart und Agfa-Filter Nr. 42.

muß zu den kontrastreicher arbeitenden Infrarot-Platten „Hart“ oder dem Infrarapid-Film 750 greifffen werden, die dann auch in kräftig arbeitenden Entwicklern verarbeitet werden müssen. Bei Halbtönvorlagen sind die weniger kontrastreich arbeitenden Sorten „Rapid“ oder ebenfalls der Infrarapid-Film 750 zu nehmen. Der Film wird dann natürlich weich entwickelt (s. S. 26). Bei Reproduktionen wird meistens mit längeren Auszügen gearbeitet werden müssen, deshalb ist eine Scharfeinstellung mit dem Rotfilter erforderlich. Immer sind die zu erreichenden Ergebnisse gut.

Einzelne Seiten eines durch Brand stark beschädigten Kirchenbuches sollten durch Reproduktionen sichergestellt werden, bevor sie völlig verderben. Das photographische Ergebnis, zunächst mit panchromatischem Material durchgeführt und dann mit Infrarot-Platten vorgenommen, zeigt den Vorteil der Infrarot-Methode (Abb. 92 und 93).

Reproduktion
eines durch Brand
beschädigten
Schriftstückes

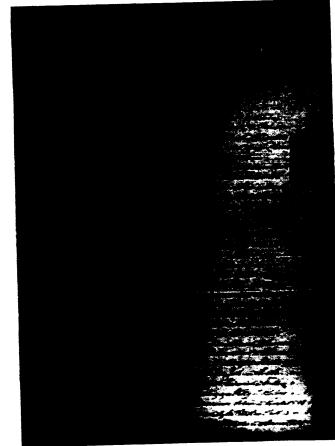


Abb. 93. Agfa Phototechnischer Film B, panchromatisch.
Aufnahmen: Deutsches Archiv für Genealogie

Archäologische Forschungen

Die Altertumskunde hat sich in besonderen Fällen der Infrarot-Photographie mit Erfolg bedient.

Plotnikow (8) berichtet über eine ägyptische Mumie, deren Binden einen wertvollen, zum Teil unleserlichen etruskischen Text enthielten. Durch Verschmierung mit Harz war es nicht möglich, den Text zu entziffern. Harz als „trübes Medium“ wurde von den langwelligen Strahlen des Infrarot durchdrungen. Hier ließ sich die Infrarot-Photographie gut verwenden. Der Text konnte rekonstruiert und der Öffentlichkeit übergeben werden.

Bei der Entzifferung der gotischen Bibelübersetzung des Ulfila (Wulfila, gotischer Bischof, gest. 383) leistete die Photographie durch Infrarot-Material der Forschung große Dienste.

Ebenso gewann die Infrarot-Photographie Bedeutung bei Aufnahmen von Blättern eines verblaßten griechischen Codex. Papyrusblätter, deren Texte nur schwer lesbar sind, konnten durch die Anwendung der Infrarot-Photographie viel leichter entziffert werden. Die Sicherstellung der Dokumente auf diese Weise ist für den Altertumsforscher von großer Wichtigkeit.

Die Möglichkeit, verblaßte Schriften auf Papier, Leder u. ä. lesbar zu machen, beruht auf der Tatsache, daß die in das Material eingedrungene Tinte oder Farbe für Infrarot ein anderes Reflexionsvermögen hat als die nicht beschriebenen Teile des Originals.

Aber auch bei Grabungen, beim Anschneiden von Erdschichten mit Brandresten und in anderem Forschungsgebieten kann die Infrarot-Photographie eben durch das unterschiedliche Reflexionsvermögen der infraroten Strahlen an verschiedenen Stoffen zu wertvollen Aufschlüssen führen.

Reproduktionen von Gemälden

Bei alten Gemälden ohne Signum, die durch das Nachdunkeln der Firnisdecke Einzelheiten nicht mehr erkennen lassen, besteht oft ein lebhaftes Interesse, genauere Kenntnis über die Pinselführung und Manier des Künstlers zu bekommen, um daraus Rückschlüsse auf den Urheber ziehen zu können.

Die verschiedenen photographischen Verfahren werden eingesetzt, um solche Einzelheiten zu erforschen. Die „Photographie im Ultravioletten“ leistete hier bereits hervorragende Ergebnisse. Ebenso wurde zu dem gleichen Zweck auch schon die „Röntgen-Photographie“ verwendet. Im Rahmen dieses Buches soll jedoch nur die Infrarot-Photographie behandelt werden, mit der auch besondere Leistungen erzielt werden können. Je nach den vorliegenden Originaleien und Verhältnissen kommt eines der aufgeführten Verfahren für die Untersuchungen von Gemälden in Betracht. Die getrübte und nachgedunkelte Firnisdecke wird von den Infrarotstrahlen leicht durchdrungen, und dadurch ist es möglich, in Verbindung mit Infrarot-Materialien überraschende Ergebnisse zu erzielen. Auf diese Weise wurden auch schon Fälscher „Alter Meister“, entlarvt. Ebenso können Übermalungen auf diese Art nachgewiesen werden, wenn die zur Übermalung benutzten Farben in ihrer chemischen Zusammensetzung anders waren als die vordem verwendeten. Gegenüber den Infrarot-Strahlen verhalten sich die Farben dann in ihrer Absorption und Reflexion verschieden und sind an der Infrarot-Aufnahme leicht zu unterscheiden.

Von der „Deutschen Fotothek, Dresden“ durchgeführte Vergleichsaufnahmen (Abb. 94 und 95) lassen im Infraroten (Abb. 94) aufschlußreiche Einzelheiten erkennen. Es sind Striche der Vorzeichnungen sichtbar, die später als Schatten in den Falten des Überwurfs übermalt wurden. Auch kleinere Vorzeichnungen in den Gesichtern wurden ebenfalls übermalt. Dem Auge sind diese Schraffuren verborgen. Das Gemälde bietet sich dem Betrachter dar, wie es die Aufnahme im sichtbaren Licht bringt (Abb. 95).

Zur Verwendung kam für die Infrarot-Aufnahme eine Agfa-Infrarot-Platte 950 und das Schott-Filter RG 10. Bei dem Licht von zwei Natriophot-Lampen zu je 500 Watt in 1 m Abstand vom Gemälde mußte die Infrarot-Aufnahme rund 30 mal länger belichtet werden als die Auf-



Abb. 94. Agfa-Infrarot-Platte 950 "Schott-filter RG 10
Blende 22 · 25 Min.

Ausschnitt-
Reproduktionen
Original: Psedella,
Zwickauer Altar —
Leipzig: Museum.

Aufnahmen:
Deutsche Fotothek.
Veröffentlichung mit
frdl. Genehmigung der
Deutschen Fotothek,
Dresden.

Beleuchtung:
2 Nitraphot-Lampen
je 500 Watt.



Abb. 95. Agfa-Isopan-
F-Platte, ohne Filter
Blende 16 · 20 Sek.

nahme auf Agfa-Isopan-F-Platte ohne Filter. Als Entwickler diente in beiden Fällen Agfa-Rodinal in der Verdünnung 1 + 20. Die Infrarot-Platte wurde 5 Minuten, die Isopan-Platte 3 Minuten entwickelt. F. Müller-Skjold, H. Schmitt und K. Wehlte (9) verwendeten bei ihren Gemäldeuntersuchungen Agfa-Platten 850 Hart mit dem Schottfilter RG 9, Agfa-Infrarot-Platten 950 und 1050 mit dem Filter RG 7. Mit Hilfe dieser Materialien wurden in dunklen Bildstellen mit vorherrschend warmen Farbtönen Oberflächenverletzungen und Retuschen sichtbar. Auch Vorzeichnungen in klaren Strichen mit einigen Schattenschraffuren, die im Verlauf der farbigen Gestaltung durch den Maler zugedeckt wurden und damit dem Auge verborgen sind, lassen sich durch die Infrarot-Photographie nachweisen. Besonders Gemälde in

warmen Farbtönen (Gelb, Rot, Braun) versprechen hierbei die besten Erfolge.

Auch für Reproduktionen im allgemeinen kann man sich mit Erfolg der Infrarot-Photographie bedienen. Besonders dann, wenn es gilt, außergewöhnlich dunkle Bildpartien in der Reproduktion so wiederzugeben, daß mehr Einzelheiten zu erkennen sind als bei einer gewöhnlichen Aufnahme.

In den genannten Fällen wird man sich der Infrarot-Platten Rapid bedienen, die außerdem noch möglichst zart entwickelt werden müssen. So wurden die Aufnahmen nach dem Gemälde eines unbekannten holländischen Malers (Abb. 96 und 97) in dem zart arbeitenden Entwickler Agfa-Denal nur 6 Minuten entwickelt. Dieser Helllichtentwickler ge-

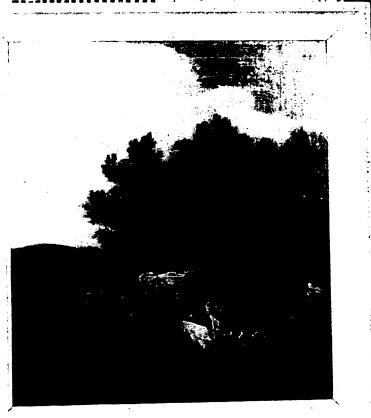


Reproduktionen
Original:
unbekannter
holländischer
Maler des 17. Jh.
(Berghem
nahestehend).

Abb. 96.
Agfa-Infrarot-
Platte 850 Rapid
Agfa-Filter Nr. 42
Blende 11
120 Sek.

Beleuchtung:
2 Nitraphotlam-
pen (je 500 Watt),
gemischt mit
Tageslicht.
Aufnahmen:
Richard Grabsch

Abb. 97. Agfa-
Isopan-F-Platte,
ohne Filter
Blende 11 · 6 Sek.



stattete die genaue Beobachtung während des Entwicklungsvorganges, so daß im richtigen Augenblick unterbrochen werden konnte.

Photogrammetrie

Die Bildmessung oder Photogrammetrie (von dem deutschen Geographen L. Kersten geprägte Bezeichnung) hat die Aufgabe, aus einem oder mehreren Bildern die Form, Größe und Lage eines Gegenstandes zu ermitteln. Die Erdbildmessung ist hinsichtlich ihrer Schnelligkeit und Wirtschaftlichkeit bei größeren Vermessungsarbeiten den anderen Verfahren der Vermessung überlegen. An Hand von photographischen Aufnahmen können Grund- und Aufriß meßtechnisch ermittelt werden. Schwierigkeiten treten dann auf, wenn eine ungünstige Wetterlage das Fort-

scheinen der Arbeiten verzögert, oder wenn es sich um ein bergiges Gelände handelt, in dem durch Dunstschichten einzelne Geländeabschnitte nur undeutlich in Erscheinung treten. Auch bei Tagebauen und Flußregulierungen werden diese Schwierigkeiten zu beobachten sein. Hier hilft die Infrarot-Aufnahme. Sie überwindet, wie wir schon besprochen haben, mit Leichtigkeit Dunstschichten und gibt auch, wie wir ebenfalls schon geschen haben, die Ferne mit allen Einzelheiten wieder. Die Auswertung in starker Vergrößerung erfordert ein sehr feines Korn und ein gutes Auflösungsvermögen. Deshalb werden für die Erdbildmessung, die mit dem Phototeodoliten arbeitet und deshalb längere Belichtungen erlaubt, die Agfa-Infrarot-Platten Hart verwendet (siehe Körnigkeit und Auflösungsvermögen Seiten 21/22). Die Entwicklung

wird außerdem in Agfa-Atomal F oder Agfa-Rodinal in der Verdünnung 1 + 40 vorgenommen, eben um ein feines Korn und eine gute Auflösung zu erhalten.

Auch in der Luftbildmessung (Aerophotogrammetrie) sind Infrarot-Materialien von Bedeutung. Sie helfen wiederum, Dunstschichten zu überwinden und erleichtern ebenfalls die Vorarbeiten für die Kartographie. Da die Aufnahmen in der Regel vom schnell fliegenden Flugzeug aus mit Hilfe der Luftbildkammer vorgenommen werden müssen, sind kurze Belichtungszeiten erforderlich. Dementsprechend wird Infrarot-Material mit genügender Empfindlichkeit ausgewählt, das wiederum im Interesse eines feinen Korns in entsprechenden Entwicklern zu verarbeiten ist.

Dunkelphotographie

Der Gedanke, in dunklen Räumen Aufnahmen vorzunehmen, ist schon alt. Immer standen diesem Problem große Schwierigkeiten entgegen, bis schließlich die Infrarot-Photographie hierfür nutzbar gemacht werden konnte. Der Begriff „dunkler“ Raum muß vom menschlichen Auge aus verstanden werden. Die Infrarot-Photographie braucht ja auch Licht, aber nur die langwelligen Infrarot-Strahlen, die für den Menschen nicht mehr sichtbar sind. Wir haben die verschiedenen Filter schon kennengelernt und gesehen, daß es solche von hellroten und tiefroter Färbung gibt, wovon wir die letzteren als Schwarzfilter bezeichnen. Nur diese können naturgemäß für die Dunkelphotographie in Betracht kommen. Daraus ergibt sich, daß wir jetzt anders verfahren müssen, als wir es bisher gewöhnt waren. Die Filter dürfen nicht mehr vor das Objektiv der Kamera gesetzt werden, sie müssen in geeigneter Form vor den Lampen angebracht werden, und zwar so, daß kein sichtbares Licht aus dem Lampengehäuse austreten kann.

Entsprechend den verwendeten Schwarzfiltern kommen nur Infrarot-Materialien in Betracht, deren Empfindlichkeitsmaximum zwischen 750 und 850 μ liegt. Höher sensibilisierte Materialien sind nur für Aufnahmen geeignet, die eine längere Belichtung zulassen und benötigen zudem Lichtquellen hoher Leistung.

Geeignete Lichtquellen für Dunkelaufnahmen sind, besonders für kinematographische Aufnahmen, Nitra- und Nitraphotlampen. Für Einzelaufnahmen kann man aber auch Blitzlampen und Blitzröhren heranzie-

Abb. 98. Reflektor des VEB Elektrotechnik Eisenach mit nachträglich angebauter Einrichtung zur Verwendung von Filtern für Dunkelaufnahmen.



hen. Die letzteren nur in Verbindung mit dem neuen, sehr empfindlichen Agfa-Infrarapid-Film 750, da Blitzröhren weniger Infrarot abstrahlen (s. S. 49).

Es ist anzunehmen, daß in absehbarer Zeit Reflektoren für Blitzlampen und Blitzröhren auf dem Markt erscheinen werden, die so konstruiert sind, daß vor dem Reflektor ein zwischen Glas befindliches Filter leicht montiert und wieder entfernt werden kann. Der Reflektor muß den Lampenkörper natürlich so umschließen, daß kein helles Licht austreten kann.

Solange geeignete Reflektoren noch nicht im Handel zu haben sind, ist man darauf angewiesen, sich diese selbst zu basteln oder nach eigenen Angaben bauen zu lassen (Abb. 98). Zum Auswechseln der Blitzlampen könnte das gezeigte Modell noch praktischer gestaltet werden.

Man kann sich auch durch direktes Färben der Lampen helfen. Morris und Spencer (10) empfehlen folgendes Rezept:

Eosin 4 g, Tartrazin 6 g, Säureviolett 4 Bl. 4 g, Wollgrün S 10 g, Gelatine 200 g, Glycerin 100 ml, mit Wasser zu einem Liter verdünnen. Zur Bereitung der Überzugslösung wird die Gelatine in 500 ml Wasser geheizt und dann solange in einem Wasserbad von 40 bis 50 °C gerührt, bis sie aufgelöst ist. Die aufgeführten Farbstoffe werden jeder für sich in wenig Wasser von höchstens 65 °C aufgelöst. Zu diesen Lösungen wird etwas von der zuerst bereiteten Gelatine hinzugefügt. Das Glycerin wird mit warmem Wasser verdünnt und im Wasserbad auf eine Temperatur von 50 °C gebracht. Abschließend werden alle Lösungen miteinander innig gemischt und mit warmem Wasser wird bis auf 1 Liter aufgefüllt.

Zum Überziehen werden die Lampen in die auf 35 °C temperierte Lösung getaucht. Die Temperatur ist wichtig und läßt sich am besten in

einem Wasserbad konstant halten. Nach 5 Sekunden Tauchdauer wird die Lampe herausgenommen, mit dem Sockel kurze Zeit nach unten gehalten, wieder umgedreht und 24 Stunden lang zum Trocknen aufgehängt.

Der Verfasser ersetzte in dem angeführten Rezept Eosin durch Astaphloxin 2 g, Säureviolett 4 Bl. durch Säureviolett normal 3,2 g und Wollgrün durch Naphtolgrün 6 g und erreichte dadurch die Wirkung des Agfa-Filters Nr. 83.

Man wird sich schwer entschließen können, Blitzröhren mit dem gefärbten Überzug zu versehen, da sie ja auch noch für andere Zwecke genommen werden sollen. Man kann sich in diesem Falle helfen, wenn man sich eine Kappe aus Filterfolie (s. S. 42/43) herstellt, die genau auf die Blitzröhre paßt, so daß kein sichtbares Licht austreten kann.

In der Verhaltensforschung bei Tieren wurde die Dunkelphotographie schon mit Erfolg eingesetzt. So konnten Tierkämpfe bei kinematographischen Aufnahmen (Abb. 99a u. b) im Rahmen einer größeren Aufgabe der Verhaltensforschung (Prof. K. Lorenz und Dr. W. Schleidt, Forschungsstelle für Verhaltensphysiologie des Max-Planck-Institutes für Meeresbiologie, Büdberg über Dulmen, Westf.) genau verfolgt werden (11).

Zur Verwendung kam Kodak-Infrarotfilm Type I. R. 135 mit einem Empfindlichkeitsmaximum bei 825 m μ und Filter Nr. 100 der Fa. Göttinger FarbfILTER.

Für die Messung des Pupillendurchmessers bei Mensch und Tier ist die Dunkelphotographie gut geeignet. Man kann in der Weise vorgehen, daß Lampen ohne Filter für Normalaufnahmen aufgestellt werden und außerdem noch Lampen, die für die Dunkelaufnahmen mit einem Filter versehen sind. Dazu gehören dann zwei Kameras, die nebeneinander aufgestellt werden, wovon eine mit einem panchromatischen Film für Aufnahmen bei hellem Licht beschickt ist. Die zweite Kamera ist mit Infrarot-Material geladen und tritt dann in Tätigkeit, wenn Dunkelaufnahmen gemacht werden sollen. Je nach der Dauer der abwechselnd eingeschalteten Lampen wird die Pupille einen anderen Durchmesser

Abb. 99a und 99b. Tierfilmszenen aus den Infrarotfilmen „Kämpfende Fische“ und „Kämpfende Mäuse“.

Aufnahmen: Institut für den wissenschaftlichen Film, Göttingen



Abb. 99a

Abb. 99b

annehmen, der durch Messungen an den entwickelten Aufnahmen genau ermittelt werden kann.

Das „Blitzen“ zum Zwecke photographischer Aufnahmen wird meist als störend empfunden. Bei Anwendung von „Dunkelblitzen“ erschließen sich besonders dem Reporter neue Möglichkeiten. Er kann jetzt bei Tagen, im Theater, bei Feierstunden, in Versammlungen, bei Hochzeiten in der Kirche, ja selbst bei Sportaufnahmen in Hallen blitzen, ohne den Vortragenden, das Publikum oder die Sportler zu erschrecken. Der Photograph benutzt einfach den hochempfindlichen Infrarotfilm und „verdunkelt“ seine Blitzquelle. Dabei sind durchaus nicht immer nur die stärksten Filter nötig. In einem erleuchteten Raum genügt ein Hellrotes oder rotes Filter vollkommen. Das dann beim Blitzen aufleuchtende rote Licht blendet nicht, erfüllt seine Aufgabe aber vollkommen. Die Grauwerte des fertigen Bildes fallen allerdings anders aus als bei Aufnahmen mit panchromatischen Filmen. Sie vermitteln aber trotzdem den Eindruck, der für die Bilder solcher Veranstaltungen nötig ist.

Auf die Möglichkeit überraschender unbemerkt Aufnahmen im Dunkeln, auf der Straße, bei aktuellen Ereignissen aller Art soll ebenfalls noch hingewiesen sein.

Für die Belichtung bei Kleinbildaufnahmen mit Agfa-Infrarapid-Film 750 mögen die bereits genannten Leitzahlen dienen (s. S. 49).

Aufklärung von Fälschungen

Wir haben nun schon die verschiedenartigsten Anwendungsgebiete der Infrarot-Photographie kennengelernt, aber immer wieder tauchen andere Möglichkeiten auf. Fälschungen von Schriftstücken durch die Photographie nachzuweisen, ist schon eine alte Methode. Verschiedene Wege wurden beschritten, um Fälschungen beweiskräftig festzustellen. So wurden farbenempfindliche Schichten in Verbindung mit Lichtfiltern angewendet. Sehr starke Vergrößerungen ließen oft die Fälschungen leicht erkennen. Auch stereoskopische und mikroskopische Aufnahmen halfen, Fälschungen aufzudecken. Die Infrarot-Photographie, mit der wir uns hier besonders befassen, ist ebenfalls bestens geeignet, wertvolle Dienste zu leisten. Bedenken wir, daß Tinte auf die mannigfältigste Art hergestellt wird. Es gibt dadurch Farben der verschiedensten Nuancen. Wie viele Tinten erscheinen aber unserem Auge in der Färbung völlig gleich.

Ein Fälscher wird eine Tinte wählen, die in ihrem Aussehen der des Originals völlig gleicht. Im Infrarot wird aber nach unseren Erfahrungen durch das unterschiedliche Reflexionsvermögen ein Unterschied in der Wiedergabe auftreten. Ebenso ist es, wenn auf Papier geschabt oder rasiert wird. Die Oberfläche des Papiers wird verändert und reflektiert bei einer Infrarot-Aufnahme besonders unterschiedlich.

Zwei Beispiele, die entgegenkommenderweise von der Oberpostdirektion Berlin, Abt. Sicherheit und Untersuchung, zur Verfügung gestellt wurden, sollen diese Ausführungen praktisch erläutern.

Eine Postanweisung (Abb. 100 Ausschnitt) war ursprünglich auf 200 DM ausgefertigt worden. Nachträglich wurde die 200 in 260 geändert. Bei der Betrachtung der Postanweisung war nicht zu erkennen, daß es sich um eine Fälschung handelte. Erst eine Infrarot-Aufnahme zeigte deut-

Infrarot-Aufnahmen aufgeklärter Fälschungen

Postanwei
auf 200 DM

Abb. 100.

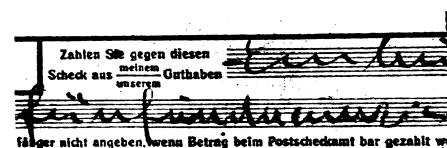


Abb. 101.

Beide Aufnahmen wurden mit Agfa-Infrarot-R-Film hergestellt (diese Filmsorte gibt es nicht mehr. Sie wurde ersetzt durch den etwa viermal so empfindlichen Agfa-Infrarapid-Film 750). Agfa-Filter Nr. 42, Belichtung 3 Sek. Entwickelt in Agfa-Atomal. Veröffentlicht mit frdl. Genehmigung der Oberpostdirektion Berlin, Abt. Sicherheit und Untersuchung.

lich die Unterschiede in den verwendeten Tinten bei der 6 und gleichzeitig die ursprüngliche 0.

Bei einem Postscheck (Abb. 101 Ausschnitt) handelt es sich ebenfalls um eine Fälschung. Der ausgeschriebene Betrag war von „Einhundertfünf“ dadurch in „Einhundertfünfundneunzig“ umgeändert worden, daß radiert und nachgeschrieben wurde. Bekanntlich besteht die Vorschrift, hinter einer ausgeschriebenen Zahl im linierten Teil des Postschecks einen Strich zu setzen. Im vorliegenden Falle wurde der Strich radiert und an seine Stelle „undneunzig“ geschrieben. Als Fälschung waren bei der Betrachtung des Postschecks weder die Radierung noch die nachgeschriebenen Buchstaben zu erkennen. Mit Hilfe der Infrarot-Aufnahme wurde das Fehlen der dritten Linie von unten und die viel hellere Wiedergabe der nachgeschriebenen Buchstaben erkannt und damit der Beweis einer Fälschung erbracht.

Aufnahmen der Kriminalistik

Die Photographie ist ein aus der Kriminalistik nicht mehr fortzudenkendes Hilfsmittel. Die Infrarot-Photographie erweitert den Arbeitsbereich wesentlich, weil mit ihrer Hilfe dem Auge nicht sichtbare Dinge nachgewiesen werden können. Nicht selten sind schwere Verbrechen durch die Infrarot-Photographie aufgeklärt worden. In oft mühseliger, umfangreicher Kleinarbeit müssen vielfach Reihen von Aufnahmen vorgenommen werden, um unsichtbare Dinge durch die Infrarot-Photographie sichtbar zu machen. Das Allgemeininteresse an einer erfolgreichen Beweisführung bestimmter Verbrechen verbietet eine ausführliche Erläuterung.

Es gibt eine Reihe von Fällen, die besprochen werden können. Gefälschte Stempel und Schriften, die beispielsweise bei Urkunden ständig eingefügt wurden, unterscheiden sich in der Kontrastwiedergabe bei einer Infrarot-Aufnahme erheblich vom Urtext, wenn andere Tinte, Farbe oder Tusche benutzt wurde, da das Reflexionsvermögen auf Grund der unterschiedlichen Zusammensetzung anders ist. Hierher gehört auch das Sichtbarmachen von unsichtbaren Schriftzügen, die mit besonderen Lösungen geschrieben wurden. Je nach der verwendeten Flüssigkeit können die Schriftzüge durch die Infrarot-Photographie identifiziert werden. Durch Papier verdeckte Mitteilungen unter hinterklebten

Bildern können ohne Zerstörung oder Ablösung des Papiers photographiert werden. Ebenso kann die Schrift von Briefen durch den Umschlag sichtbar gemacht werden. Voraussetzung ist in diesen Fällen ein normales, nicht zu starkes Papier, das für Infrarot-Strahlen genügend durchlässig ist. In all diesen Fällen wird man sich der Infrarot-Platten Hart bedienen. Kommt der Infrarapid-Film 750 zur Anwendung, so wird man diesen möglichst kontrastreich entwickeln.

Tätowierungen, die durch künstliche Entzündung oder starke Bräunung der Haut unter der Quarzlampe oder Diathermiebehandlung unsichtbar wurden, lassen sich durch die Infrarot-Photographie einwandfrei darstellen. Dr. Miguel Jörg, Buenos Aires, berichtet, daß die Behörden eine Person suchten, von der weder Personalien, Fingerabdrücke noch Photographien vorhanden waren. Man besaß nur eine annähernde Beschreibung und Angaben, daß diese Person zwei Tätowierungen trug. Diese inzwischen beseitigten Merkmale konnten durch die Infrarot-Photographie nachgewiesen werden und somit konnte der Schuldige dem Gesetz ausgeliefert werden (12).

Schußniederschläge an Stoffen absorbieren die Infrarot-Strahlen sehr stark. Auch schwarze oder dunkle Stoffe heben sich deutlich ab, da diese Gewebe durch die stärkere Reflexion heller erscheinen. Nach Prof. Jan A. Neumann, Warschau (13), leitet die gerichtliche Medizin daraus ab, ob der Schuß aus der Nähe abgegeben wurde.

Nach Martin (14) lassen sich Blutflecke auf Kleidern nachweisen, wenn das geeignete Infrarot-Material verwendet wird.

Astrophotographie

Prinzipiell werden unter der Bezeichnung Astrophotographie verschiedene Verfahren zusammengefaßt: Am bekanntesten sind für den Nicht-fachmann Aufnahmen mit Objektiven möglichst langer Brennweiten an Kameras des allgemeinen Bedarfs. Der Astronom bedient sich des Teleskops, Refraktors und der Schmidt-Kamera. Für spezielle Aufnahmen kommt das Sonnenkorona-Gerät in Betracht. Oft sind sehr lange Belichtungen erforderlich, die sich bis zu Stunden ausdehnen. In solchen Fällen wird durch eine sinnvolle Mechanik ein Ausgleich geschaffen, so daß trotz der Drehung der Erde stets der gleiche Bildausschnitt des nächtlichen Sternhimmels festgehalten wird. Auch die astronomische Spektrographie hat groß Erfolge gebracht.

Eine Erweiterung für astronomische Forschungen ist mit Hilfe der Infrarot-Photographie möglich geworden. Die Spektren des Saturn und seines Ringes wurden von Wildt (15) mit Infrarot-Platten aufgenommen. Ferner von Wildt und Meyer (16) die Spektren Jupiters und Uranus. Die Infrarot-Photographie von Nordlichtern ergab zwei scharfe infrarote Linien bei 788 und 810 m μ , die möglicherweise dem Stickstoff zuordnen sind (17). Absorptionsbanden des Ammoniaks und des Methans wurden im Spektrum von Jupiter und Uranus durch Wildt (18) identifiziert.

Durch Aufnahmen von Nebeln mit Infrarot-Platten konnten zahlreiche Sterne nachgewiesen werden, die mit anderen photographischen Materialien nicht erfaßt werden konnten (19).

Eine Infrarot-Photographie des Planeten Mars ergab einen kleineren Durchmesser der Scheibe als bei der gewöhnlichen Photographie. Dies war ein Beweis für das Vorhandensein einer Marsatmosphäre. Das langwellige Infrarot wird weniger gebrochen als sichtbares Licht, und die Lichtstrahlen in einer Atmosphäre mit nach außen abnehmender Dichte werden deshalb weniger abgelenkt (20).

Medizinische Aufnahmen

Für Sonderaufgaben in der Medizin bewährte sich die Infrarot-Photographie schon in vielen Fällen. In neuerer Zeit wird sie für Forschungszwecke eingesetzt, über die hier noch nicht ausführlich berichtet werden kann, da noch keine abschließenden Ergebnisse bekannt geworden sind.

Alle neueren Arbeiten über die Strahlendurchdringung der Infrarot-Strahlen am lebenden Gewebe zeigen, daß die größte Durchlässigkeit im Gebiete des an der Grenze zum Infrarot liegenden sichtbaren Rot und im nahen angrenzenden Infrarot gegeben ist, nämlich bei 720 bis 800 m μ (21).

Für alle Untersuchungen, die auf der Strahlendurchlässigkeit der menschlichen Gewebe basieren, ist daher von einer Sensibilisierung der Platten zum langwirksigen Infrarot nichts zu erwarten. Im Gegenteil, jenseits von 1400 m μ hört jede Strahlendurchlässigkeit der Gewebe auf.

Eine Steigerung der Empfindlichkeit von photographischen Infrarot-Aufnahmematerialien würde jedoch die medizinischen Arbeiten wesentlich

erleichtern. Es könnten einerseits kürzere Belichtungszeiten verwendet und andererseits die notwendigen Lampen in ihrer Zahl wesentlich verringert werden.

An Aufnahmen von kleinen Küvetten (Flüssigkeitsschichtdicke 10 mm) zeigt Eggert (22) die Möglichkeit auf, Kohlenoxyd im Blut nachzuweisen. Kohlenoxydhaltiges Blut ist für die Infrarot-Strahlung durchlässiger. Die Verwendung von Agfa-Infrarot-Platten 750, 850 und 950 ergab bei diesen Untersuchungen nur geringe Unterschiede. Diese ursprünglich mit frischem Schweineblut durchgeführten Versuche wurden auf das Blut von Meerschweinchen und Menschen übertragen und die gewonnenen Ergebnisse konnten bestätigt werden. Eggert berichtet weiter: „Entnimmt man einer Vene nach einer leichten Kohlenoxydvergiftung einen Tropfen Blut und photographiert diesen auf einem Objekträger, zugleich mit einem Tropfen gesunden Blutes, im ultravioletten Licht, so wird auf dem Positiv das vergiftete Blut weiß, das gesunde schwarz wiedergegeben. Selbst nachdem sich der Patient 45 Minuten an der frischen Luft erholt hatte, und wir auf dem üblichen spektroskopischen Wege in seinem Blute kein Kohlenoxyd mehr nachweisen konnten, zeigte uns die Infrarot-Aufnahme noch immer etwas von der für das Kohlenoxyd charakteristischen Durchlässigkeit für ultraviolettes Licht.“

Erbslöh faßt die Arbeiten über Infrarot-Aufnahmen des Auges wie folgt zusammen: „Infrarot-Aufnahmen des Auges sind erstmalig 1933 von Dekking (23) gemacht worden. Bei infraroten Aufnahmen der Iris fand Dekking bei einer Wellenlänge von 810 m μ , daß eine dunkelbraun pigmentierte Iris heller erscheint als eine blaue. Dabei sind die dunkel pigmentierten Trabekel heller als die anderen Teile der Iris. In einem Falle einer zweifarbigem Iris waren die braunen Anteile im Infrarotbild wesentlich heller als der restliche blaue Anteil. Bei beginnender Atrophie der Iris kamen die Teile, in denen die Chromatophoren zerstört und durch grauweißliches Bindegewebe ersetzt waren, dunkler als das gesunde Gewebe.“

Die Reflexion der Infrarot-Strahlen hängt von der Farbe des Augenpigments ab. Die rein braun pigmentierten Anteile der vorderen Irisoberfläche reflektieren infrarotes Licht stark und erscheinen daher oft gleich hell wie die Sklera. Dagegen ist in den Fällen, wo die braune Farbe durch das durchscheinende Pigment der Irisoberfläche verstärkt wird, die Reflexion des Infraroten geringer, wodurch die Iris in der

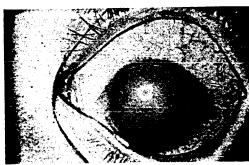
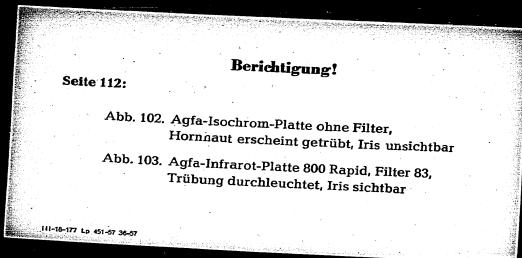


Abb. 102. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid · Filter Nr. 83 · Trübung durchleuchtet, Iris unsichtbar.

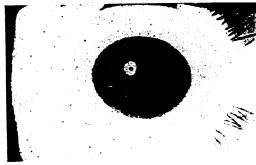


Abb. 103. Agfa-Infrarot-Platte, ohne Filter · Hornhaut erscheint getrübt, Iris unsichtbar.

Veröffentlichungen des wissenschaftlichen Zentral-Laboratoriums der photographischen Abt. „Agfa“, Bd. III, 1933, Eggert, Stand der Infrarot-Photographie.

Infrarot-Aufnahme dunkler erscheint. Der dunkel pigmentierte Rand der Pupille, der bei einer gewöhnlichen Photographie im Schwarz der Pupille verschwindet und der selbst bei einer Farbenphotographie nur schwer zu unterscheiden ist, ist auf Infrarot-Photographien leicht zu erkennen."

Dekking konnte ferner darauf hinweisen, daß die Infrarot-Strahlen, genauso wie sie atmosphärischen Dunst durchdringen, auch durch eine trübe Cornea hindurchscheinen können. Bei einem Falle von Keratitis parenchymatosa, wo die Trübung der Hornhaut jede Einsicht in das Innere des Auges unmöglich machte (Abb. 102), ergab die Infrarot-Photographie ein klares Bild der Iris (Abb. 103).

Medizinische Infrarot-Aufnahmen nach Achteing (vorderer Augenabschnitt Keratis parenchymatosa).

In gleicher Weise betont Mann (24), daß durch Infrarot-Aufnahmen in Fällen von intensiver Hornhauttrübung der Zustand der Pupille, die Anwesenheit von Synechien und das Vorhandensein von Irisdefekten auf angeborener oder operativer Basis einwandfrei geklärt werden kann.

Was den Augenhintergrund angeht, so kam Kugelberg (25) 1934 auf Grund zahlreicher Aufnahmen bei infrarotem und sichtbarem Licht zu der Auffassung, daß hier die Infrarot-Photographie zwar theoretisches

Interesse, aber keinen praktischen Wert besitzt. Es ist zwar theoretisch möglich, den Augenhintergrund durch eine getrübte Linse, z. B. beim grauen Star, zu photographieren und das Vorhandensein pathologischer Veränderungen in der Choriodea, in der Retina und im Bereich der Sehnerven festzustellen, aber praktisch nicht möglich, Trübungen, Blutungen und Pupillenveränderungen im Infrarotbild mit genügender Sicherheit zu differenzieren.

Für Messungen des Pupillendurchmessers bei der Dunkeladaptation wurden Untersuchungen von Nagel und Klughardt (26) und von Gulbert, Ohnsted und Wagner (27) mit Hilfe von Infrarot-Aufnahmen durchgeführt. Für diese Methode bedient man sich der „Dunkelphotographie“, bei der das benötigte Filter nicht mehr vor das Objektiv, sondern in entsprechenden Abmessungen vor den Lichtquellen befestigt wird (s.S. 102/103). In diesen Fällen kommen Schwarzfilter, die alle sichtbaren Strahlen absorbieren müssen (s. S. 42/45), und die höher sensibilisierten Aufnahmematerialien in Betracht.

Über die Darstellung der Hautvenen in der Schwangerschaft und im Wochenbett mit Hilfe der Infrarot-Photographie berichtet Erbslöh (21 u. 28) sehr ausführlich und aufschlußreich. Er kommt zu folgender Feststellung: „Am frühesten treten gravitätsbedingte Veränderungen des Venennetzes im Bereich der Mammae auf, später auch an den Beinen und am Abdomen. Bereits ausgebildete Varizen werden auch außerhalb der Schwangerschaft in vollem Umfang abgebildet.“

Einige der von Erbslöh verwendeten Arbeitsmethoden sollen hier noch im einzelnen besprochen werden.

Erbslöh erzielte mit Nitraphot- und Glühlampen hoher Wattzahl die besten Ergebnisse. Wegen der Schwankungen in der Spannung des Stromnetzes wird vorgeschlagen, die Aufnahmen zu solchen Zeiten durchzuführen, wenn die Spannung möglichst konstant ist. Das dürfte vorwiegend nachts der Fall sein. Das Photographieren während der Nacht ist aber selbst für stationäre Patienten nicht sehr günstig. Eine gleichbleibende Beleuchtung mit sehr guter Ausnutzung im Infrarot steht uns in den Blitzlampen zur Verfügung.

Wir sind damit nicht mehr abhängig von der Ungleichmäßigkeit des Lichtnetzes und erhalten die gleichen Ergebnisse. Die Lichtfülle von zwei Vakublitzten Nr. 1, die in etwa $1/25$ bis $1/50$ Sek. abbrennen, entspricht der von 4 Nitrophotlampen bei 1 Sek. Belichtungsdauer.

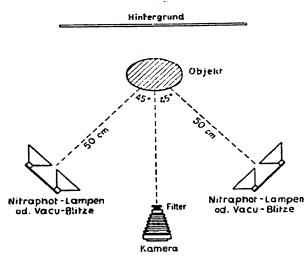


Abb. 104. Anordnung der Lichtquellen und der Kamera bei medizinischen Aufnahmen.

Die Darstellung der subkutanen Venen erfolgt am besten nach einer besonderen Anordnung (Abb. 104). Da es bei der Darstellung von Venen nicht auf die äußere Form des betreffenden Körperteiles ankommt, sondern vielmehr auf den Unterschied zwischen dem reflektierten und absorbierten Licht, müssen Schattenbildungen und Oberflächenreflexe möglichst vermieden werden. Handelt es sich um ein Objekt größerer vertikaler Ausbreitung, so werden zweckmäßig je zwei Lampen untereinander gestellt.

Starke Behaarung der darzustellenden Körperpartie macht ein vorheriges Entfernen der Haare erforderlich. Bei Versuchen, die Durchlässigkeit der Haut für Infrarot-Strahlen durch Einreiben mit Glycerin oder Öl zu steigern, hat Erbslöh keinen erkennbaren Vorteil gefunden.

Vermehrte Venenzeichnung im Bereich der Brust bei einer Schwangerschaft im 5. Monat

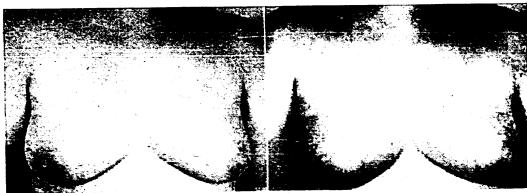


Abb. 105. Normalaufnahme.

Abb. 106. Infrarotaufnahme.

Abb. 105 u. 106 aus Zentralblatt für Gynäkologie, 74. Jahrgang 1952, Heft 2, Seite 52, Abb. 1a u. 1b, Johann Ambrosius Barth.

Patientin mit normaler
Venendarstellung
4 Nitraphotlampen, Abstand
Lampen-Objekt 50 cm.



Abb. 107.

Abb. 107. Panchromatischer Por-
trätfilm 21/10° DIN · Blende 22,5
Belichtung $\frac{1}{5}$ Sek.*

Erbslöh kommt bezüglich der Leistungsfähigkeit der Infrarot-Photographie bei der Venendarstellung zu folgender Zusammenfassung:

„In der Literatur ist darüber ein Streit entstanden, ob auch Venen abgebildet werden, die mit bloßem Auge nicht zu sehen sind. Haxthausen (29) bejaht die Frage. Seiner Ansicht haben sich Paine (30),

Abb. 108. Agfa-Infrarot-Platte 950
Agfa-Rötfilter Nr. 42 · Blende 11
Belichtung 1 Sek.*

* Die Klischees wurden freundlich vom Verlag W. Girardet, Wuppertal, zur Verfügung gestellt. Sie sind der Arbeit von Erbslöh entnommen „Die medizinische Infrarot-Photographie“, Röntgen-Blätter, III. Jahrgang, 6. Heft, November 1950.



Abb. 108.

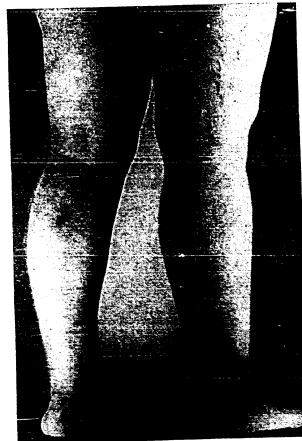
Hardy und Muschenheim (31) u. a. angeschlossen. Dagegen äußerten sich Barker und Julin (32), es sei fraglich, ob Venen, die mit bloßem Auge nicht gesehen werden können, auf Infrarot-Aufnahmen dargestellt werden. Wir sind dieser Frage noch einmal genauer nachgegangen und dabei zu folgenden Ergebnissen gelangt:

Das menschliche Auge ist als ein farbenempfindliches Organ besser in der Lage, feine bläulich durchschimmernde Venenstämmme aus der umgebenden Haut herauszudifferenzieren als die gewöhnliche orthochromatische oder panchromatische Platte. Der übliche Vergleich zwischen panchromatischen und Infrarot-Aufnahmen gibt daher kein wahrheitsgetreues Bild des vorhandenen Unterschiedes. Vergleicht man eine angefertigte Infrarot-Aufnahme später nochmals mit dem Aufnahmeobjekt, so gelingt es einem in einer ganzen Reihe von Fällen, mit dem Auge dem Verlauf der einzelnen dargestellten Venen zu folgen. Dagegen ist das Auge nicht in der Lage, zu einer so eindrucksvollen Gesamtübersicht über das gesamte Venennetz zu kommen, wie sie die Infrarot-Aufnahme gibt. In anderen Fällen muß dagegen ohne weiteres zugestanden werden, daß es dem Auge auch bei bestem Willen nicht gelingt, die auf der Aufnahme dargestellten Venenzeichnungen zu erkennen. Es ergibt sich somit, daß die Infrarot-Photographie in manchen Fällen mehr leistet als in anderen. Der hier vorliegende Unterschied ist leicht zu klären. Er ist nämlich in der sehr verschiedenen Transparenz der menschlichen Haut bedingt. Aus eben diesem Grunde sind Frauen für Infrarot-Aufnahmen im allgemeinen besser geeignet als Männer und Kinder im allgemeinen besser als Frauen. Die besten Aufnahmen sind bei Menschen zu erzielen, die eine sehr transparente, zarte, wenig fettriche Haut haben. Dabei ist nicht nur die Transparenz der Haut, sondern ebenso die Transparenz der Venenwand von Bedeutung, da die dunkle Färbung der Hautvenen im Infrarotbild ja nicht durch die Venenwand als solche, sondern vielmehr durch das dunkel hindurchschimmernde Blut bedingt ist. Infolgedessen stellen sich die großen Venenstämmme mit kräftiger Venenwand in der Regel schlechter dar, als man zu erwarten geneigt ist, wohingegen sich die feinen zarten Venen besonders gut abbilden. Aus dem gleichen Grunde heben sich auch durch Thrombose veränderte oder mit Hilfe von Injektionsmitteln verödete Venen schlecht aus der Umgebung hervor. Tief ins subkutane Fettgewebe eingebettete Venen gelangen sicher nicht zur Dar-

stellung. Bei tiefer liegenden Venen wird deren Darstellung noch dazu durch die Tatsache beeinträchtigt, daß eine starke Streuung des Lichtes in der oberflächlichen Haut stattfindet.“ Ein photographischer Vergleich zwischen einem gewöhnlichen panchromatischen Film, dem Agfa-Infrarot-R-Film und der Agfa-Infrarot-Platte mit einem Empfindlichkeitsmaximum bei 950 m_μ zeigt zwischen den beiden Infrarot-Materialien nur einen geringen Unterschied (Abb. 109 bis 111). Er ist hauptsächlich technisch bedingt (Klembild gegenüber einer 9×12-cm-Aufnahme).

Patientin 14 Tage nach Verödung von Varicen am linken Unterschenkel und unmittelbar nach Abnahme des Elastoplastverbandes.

Abb. 109. Aufnahme auf panchromatischem Film ohne Filter.
4 Nitraphotlampen zu je 500 Watt
in 50 cm Abstand.



Auf dem Gebiete der Dermatologie (21) hat sich die medizinische Infrarot-Photographie insbesondere da bewährt, wo es gilt, bei tief-sitzenden Hautaffektionen, die unter einem Schorf verborgen sind, einen Einblick in den Heilungsprozeß zu erhalten. So ist es z. B. bei in Behandlung befindlichen Lupusfällen möglich, durch den für das Auge undurchdringlichen Schorf mit Hilfe

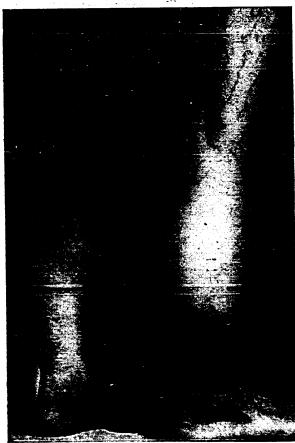


Abb. 110. Dieselbe Pat. · Leica-Aufnahme mit Agfa-Infrarot-R-Film und Agfa-Röthler Nr. 42 Blende 5,6 · $1/10$ Sek.
Venzeichnung auf der Vergrößerung deutlich erkennbar.

der Infrarot-Photographie ein Bild vom Zustand des jeweiligen Heilungsprozesses zu erhalten. Daß die Infrarot-Photographie oberflächliche Hautveränderungen, wie etwa bei der Psoriasis, nicht wiederzugeben vermöge, sei erwähnt. Ebenso wird in Fällen von Ekzemen nicht das Ekzem als solches, sondern nur die in Verbindung damit auftretende Erweiterung der regionalen Blutadern dargestellt.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit der Infrarot-Photographie liegt in der Abbildung von Operations- und Sektionspräparaten. Zimmermann (33) konnte an Hand eines Magenkarzinoms nachweisen, daß die Abgrenzung des Tumors gegen das gesunde Gewebe im Infrarotbild anders verläuft als bei der gewöhnlichen Aufnahme.

Es werden dabei Einzelheiten sichtbar, die auch mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind. Massopust (34) und Swindle (35) haben sich besonders damit befaßt, das Gefäßsystem anatomischer Präparate darzustellen. Sie injizierten dazu in die Arterien eine Mischung von Zinnober (HgS) und schwarzer Tusche und in die Venen reine schwarze Tusche. Auf diese Art und Weise wird das Arteriensystem bei Infrarot-Aufnahmen weiß und das Venensystem völlig schwarz dargestellt. Mills (36) hat sich hauptsächlich um die Darstellung silikotischer Lungen bemüht

Abb. 111. Dieselbe Pat. · Agfa-Infrarot-Platte 950, mit Agfa-Kotfilter Nr. 42 · Blende 11 · 1 Sek.
Verbesserung der Venenzeichnung gering.



und konnte nachweisen, daß bei gewöhnlichen Aufnahmen eine große Anzahl der dunklen silikotischen Knoten vom Lungengewebe verdeckt wird, während auf Infrarotaufnahmen zahlreiche zusätzliche, mit bloßem Auge nicht mehr sichtbare silikotische Veränderungen in Erscheinung treten. Für die technische Ausführung derartiger Aufnahmen hat sich folgendes Vorgehen als zweckmäßig erwiesen (21):

Das Präparat wird auf eine ausreichend große, horizontale Glasplatte gelegt. Diese Glasplatte befindet sich selbst in einiger Entfernung über einem hellen Untergrund, um eine gleichmäßige Beleuchtung des Untergrundes zu erzielen. Zwei Infrarotlampen werden in ca. 100 cm Abstand seitlich derart angebracht, daß keine störenden Reflexe möglich sind. Falls bei feuchten Präparaten Glanzlichter auftreten, empfiehlt es sich, einen lichtdurchlässigen Wandschirm zwischen den Beleuchtungsquellen und dem Präparat so anzubringen, daß das letztere nur von diffusem Licht beleuchtet wird.

Lassen sich die Präparate aus ihren Standgläsern nicht entfernen, wird das Gefäß gegen einen hellen Hintergrund gestellt. Bei der Aufnahme müssen Verzeichnungen durch Unregelmäßigkeiten der Glaswand vermieden werden. Die Belichtungszeit ist entsprechend zu verlängern.

In der Krebsforschung wurden mit Agfa-Infrarapid-Film 750 Untersuchungen durchgeführt (Dr. F. Menken, Gladbeck i. Westf.), die sich auf folgende Einzelheiten erstreckten: Gefäßveränderungen des Muttermutes, Noxen an den äußeren und inneren Genitalien, die eine Sterilität bedingen, Gefäßveränderungen bei Mammatumoren, die mit bloßem Auge unsichtbar sind. Die Belichtung erfolgte durch Ringblitz mit Ulkatorgerät (El.-Ultrablitz 200 WS, Fa. Pafrath und Kemper, Köln). Die Ergebnisse lassen einen weiteren Fortschritt in der gynäkologischen Infrarot-Photographie erkennen. Vermutlich sind durch die Photokolposkopie im Infraroten weitere Erfolge zu erwarten.

Mikrophotographie

Zur Herstellung mikroskopischer Präparate, besonders von Insekten und anderen kleinen Lebewesen, ist man, um durch die pigmentierte Haut hindurchsehen zu können, oft gezwungen, die Präparate mit geeigneten Chemikalien zu bleichen. Ein solches Verfahren ist meistens umständlich und für das Präparat selbst manchmal nicht unschädlich. Liegt mit dem Präparat gar ein Unikat vor, so ist seine mechanische oder chemische Beschädigung besonders unangenehm. Zerstörungsfreie Aufnahmen sind durch die Infrarot-Mikrophotographie möglich. Man kann durch das Durchdringungsvermögen der Infrarot-Strahlen die gleichen Wirkungen erzielen wie mit den erwähnten Ausbleichmitteln. Die besten Ergebnisse werden im Durchlicht erzielt. Die Infrarot-Strahlen durchdringen die Chitinschicht der Insektenpanzer mit Leichtigkeit. Aber auch Hornsubstanz, verkohlte Fossilien, Holz usw. ergeben bei der Durchleuchtung in Verbindung mit Infrarot-Materialien gute Resultate.

Rot oder ähnlich gefärbte Dünnschnitte erscheinen dem Auge einheitlich. Erst durch Infrarot-Aufnahmen werden Einzelheiten sichtbar, bedingt durch Unterschiede im Absorptionsvermögen der verschiedenen Stellen des Präparates.

Die Mikrophotographie in Verbindung mit Infrarot-Materialien erlaubt also eine Erweiterung der bekannten Arbeitsmethoden, weil sie selbst dann noch Resultate ermöglicht, wo das sichtbare Licht bei Durchleuchtungen nicht mehr durchdringt.

Als Lichtquelle dienen Mikroskopielampen oder normales Nitrallicht. Je nachdem, ob es sich um kontrastarme Präparate oder um solche mit hohen Kontrasten handelt, wird das Infrarot-Aufnahmematerial ausgewählt. Im ersten Falle greift man zu den Infrarot-Platten Hart, im zweiten Fälle zu den Infrarot-Platten Rapid. Wird mit der Kleinbildkamera gearbeitet, so bedient man sich des Infrarapid-Filmes 750, dessen Kontrast durch eine entsprechende Entwicklung gelenkt wird. Die richtige Belichtungszeit ermittelt man vorteilhaft an einer Platte, auf die einige, um den Faktor 2 ansteigende Stufen aufbelichtet werden. Nach der Entwicklung sucht man die Stufe mit der gewünschten Dekkung heraus und belichtet die Aufnahme dementsprechend. In der Scharfeinstellung bestehen keine größeren Schwierigkeiten bei Mikro-Infrarot-Aufnahmen, wenn mit Apochromaten gearbeitet wird. Sie sind für das gesamte sichtbare Spektrum korrigiert. Die Fokusdifferenz zwischen dem sichtbaren Rot und dem Infrarot ist bei ihnen verschwindend klein. Daß für Infrarot-Aufnahmen im Mikroskop ebenfalls Rot- oder Schwarzfilter zur Ausschaltung des sichtbaren Lichtes erforderlich sind, braucht wohl nicht besonders erwähnt zu werden. Wird zudem mit einem Filter scharf eingestellt und dann zur Aufnahme das benötigte dunklere Filter eingesetzt, sind Unschärfen nicht zu befürchten. An einigen Beispielen soll die Leistungsfähigkeit des Infrarot-Verfahrens erläutert werden. Zum Vergleich diente der hochorthochromatische Agfa-Fluorapidfilm und der Agfa-Infrarapid-Film 750. Als Lichtquelle wurde die im Mikroskop eingebaute Punktlichtlampe bei offener Blende benutzt.

Um das richtige Negativ zu erhalten, war eine Reihe von Aufnahmen mit etwas unterschiedlichen Belichtungszeiten nötig. Die aufgenommenen Objekte waren in Boraxkarmin gefärbt.



Abb. 112. Lepas (Entenmuschel).
Vergr. 1:25, 4fach nachvergrößert - Agfa-Infrarapid-Film 750, mit Agfa-Filter Nr. 42 • 1/100 Sek.

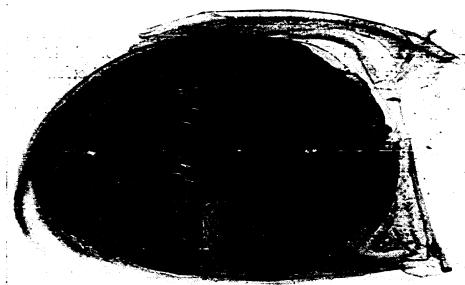


Abb. 113. Lepas (Entenmuschel).
Vergr. 1:25, 4fach nachvergrößert - Agfa-Fluorapidfilm, ohne Filter • 1/100 Sek.

Sagitta bipunctata (Pfeilwurm).
Vergrößerung 1:70, 4fach nachvergrößert.

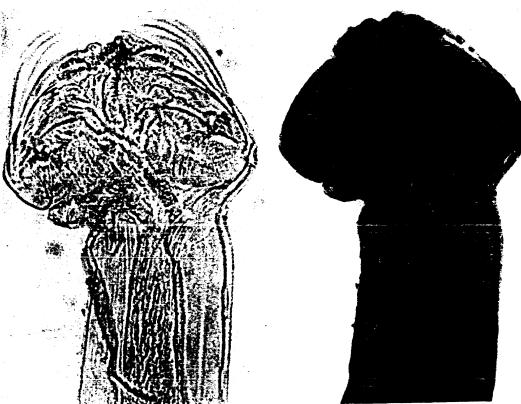


Abb. 114. Agfa-Infrarapid-Film 750
Agfa-Filter Nr. 42 • 1/100 Sek.
Abb. 115. Agfa-Fluorapid-Film, ohne Filter • 1/100 Sek.

Die differenzierte Form der im Körperinnern liegenden Organe fällt an den drei Infrarot-Aufnahmen besonders auf. Es lassen sich bei Lepas z. B. die einzelnen Darmabschnitte genau unterscheiden. In der Medizin spielt die Infrarot-Photographie auf dem Gebiete feingeweblicher Untersuchungen eine nicht unbedeutende Rolle. Untersuchungen, die Calzavara und Betrand (37) im Infraroten durchführten, ließen Veränderungen in der Feinstruktur des Plasmas und des Zellkerns erkennen, die mit bloßem Auge nicht sichtbar waren. Preisseder (38) bestätigt später diese Beobachtungen und fand besonders in rot gefärb-

Gammarus (Flohkrebs).
Vergrößerung 1:15, 4fach nachvergrößert.

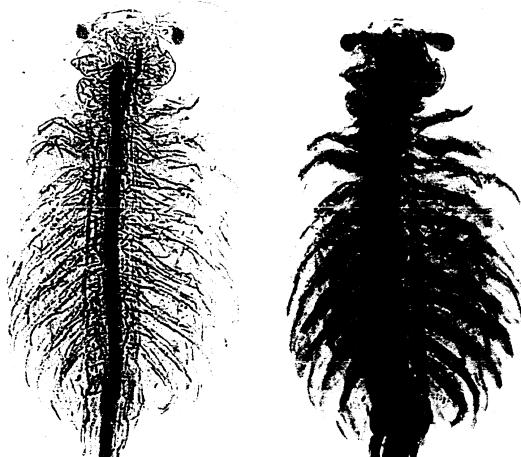


Abb. 116. Agfa-Infrarapid-Film 750
Agfa-Filter 82 · $\frac{1}{200}$ Sek.

Abb. 117. Agfa-Fluorapid-Film, ohne
Filter · $\frac{1}{200}$ Sek.

Aufnahmen: Werner Arndt

ten Bezirken Dichteunterschiede, die auf normalem Wege nicht zu erkennen waren. Blair und Davies (39) konnten bei Silberfärbung von Nervenfasern mit Hilfe von Infrarot-Aufnahmen weit mehr Einzelheiten erkennen als bei Verwendung gewöhnlicher Platten. Weitere Untersuchungen auf embryologischem Gebiete stammen von Massopust (40) und Nicholas (41).

Botanische Aufnahmen

In der Botanik lässt sich die Infrarot-Photographie auch für besondere Aufgaben mit Erfolg verwenden. Das Verhalten des Blattfarbstoffes, das schon mehrfach unter dem Begriff des Chlorophylleffektes besprochen wurde, leistet hierbei wertvolle Dienste. So lässt sich bei der Entwicklung des Blattes zu den verschiedenen Jahreszeiten das Chlorophyll durch Infrarot-Aufnahmen beobachten. Der Einfluss von Parasiten, Pilzen oder Verbrennungen durch Spritzmittel kann auf die gleiche Weise nachgewiesen werden. Krankheiten, von denen Pflanzen befallen werden, sind mit Hilfe der Infrarot-Strahlen leicht zu erkennen. Beginnende Nekrosen, z. B. an Kartoffelblättern, die dem Auge noch völlig verborgen sind, werden durch Infrarot-Aufnahmen sichtbar. In den kranken und absterbenden Stellen bilden sich Abbauprodukte, die die einfallenden Infrarot-Strahlen absorbieren. Diese Gebiete müssen daher auf der Abbildung dunkel erscheinen, während die übrigen Blattteile hell werden. Auch Schäden an Pflanzen durch Trockenheit, Dürre usw. sind mit Hilfe der Infrarot-Photographie zu erkennen. Eggert (42) hat die Erkenntnisse eingehend behandelt, woraus der Botaniker wichtige Schlüsse ziehen kann.

Mineralogische Aufnahmen

Minerale bildlich instruktiv darzustellen, bereitet wegen der Farben manchmal Schwierigkeiten. Auch hier hilft uns die Infrarot-Photographie, da die anorganisch chemischen Stoffe unserer Erdrinde die infraroten Strahlen außerordentlich verschieden reflektieren.

Undurchsichtige Erzminerale ohne allzu große Anteile metallischer Bindung sind im Rot und vor allem im nahen Infrarot vielfach durchsichtig. Wo kein Bildwandler* zur intensiven Ausnutzung dieser Erscheinung für Forschungszwecke zur Verfügung steht, bedient man sich der Infrarot-Materialien. Je nach der verwendeten Kamera reichen der Agfa-Infrarapid-Film 750 oder auch Platten mit einem Empfindlichkeitsmaximum bis 800 m μ aus.

* Der Bildwandler ist ein elektronenoptisches Gerät, das die Umwandlung eines Infrarotsbildes in ein Elektronenbild auf dem Leuchtschirm einer Braunschen Röhre ermöglicht.

Völlig undurchsichtige Mineralien in normalem Licht kristalloptisch zu untersuchen, unternahm David Malmquist, Uppsala (42). Um die Durchlässigkeit der Opakminerale zu prüfen, versuchte er, Aufnahmen von Achsenbildern zu machen. Zur Anwendung kamen Agfa-Infrarot-Platten 850, deren Empfindlichkeitsmaximum bei 855 μ lag. Es zeigte sich dabei, daß Molybdänglanz in diesem Teil des Spektrums sehr durchlässig ist und ziemlich gute Achsenbilder gibt. Je nach der Dicke der Spaltblätter waren Belichtungszeiten von 4 bis 12 Minuten erforderlich. Der Antimonglanz ist zwar auch sehr durchlässig, gibt aber keine deutlichen Interferenzbilder, was möglicherweise durch die Oberflächenschichten beim Verschleifen bedingt ist. Platten von Eisenglanz und Arsenkies, die eine Dicke von etwa 20 μ hatten, gaben keine Resultate, da die Durchlässigkeit zu gering war.

Spektralphotographie

Über die astronomische Spektrographie war unter dem Abschnitt Astrophotographie schon kurz gesprochen worden. Zur Erkennung der Elemente in der Chemie und zur Materialprüfung wird die Spektralanalyse benutzt. Das Gebiet des sichtbaren Lichtes lässt sich durch Verwendung geeigneter Materialien erweitern. Wenn gleich nur eine Ausdehnung bis etwa 1110 μ durch das Infrarot-Material möglich ist, so bedeutet die Auffindung von ultraroten Emissions- und Extinktionslinien chemischer Elemente und Verbindungen doch schon einen großen Erfolg.

Das Rotationsschwingungsspektrum des Acetylen wurde von Heidfeld und Medke (43) aufgenommen und drei Absorptionsbanden zwischen 700 und 900 μm festgestellt. Scheil und Lueg (44) ermittelten auf die gleiche Weise die Rotationsschwingungsbande des Athyliens. Hingewiesen sei auf die Arbeiten von Childs und Medke (45) über die Sauerstoffbande und auf die Arbeiten von Brodersen (46) und Mahla (47) über die infraroten Bandenspektren des Calcium- und Strontiumoxys. Eggert (48) gibt sehr interessante und aufschlußreiche Forschungsergebnisse und genaue Methoden der Spektrographie in den Veröffentlichungen des wissenschaftlichen Zentral-Laboratoriums Agfa Wolfen bekannt.

Warenprüfungen

Mit dieser Bezeichnung soll nicht der Anschein erweckt werden, als könnte jedes Material und jede Ware mit Hilfe der Infrarot-Photographie geprüft werden. In erster Linie kommen unter diesem Begriff Waren in Betracht, die durch Färbungen eine Nachbehandlung erfahren haben oder solches Material, in das die Infrarot-Strahlen bis zu einer bestimmten Tiefe eindringen können. Als Folge des anders gearteten Absorptions- und Reflexionsvermögens im Infrarot können hier Prüfmethoden entwickelt werden, die eine viel größere Beachtung verdienen.

So kann durch die Infrarot-Photographie an Textilien bestimmt werden, welche Gewebe und Färbungen Wärmestrahlen absorbieren, also speichern würden, bzw. welche die Strahlen reflektieren. Nicht jeder dunkle oder gar schwarze Stoff trägt sich im Sommer unangenehm, weil er zu „warm“ ist.

Gibt eine Infrarot-Aufnahme den Stoff im Positiv hell wieder, so ist das ein sicheres Zeichen, daß es sich nicht um einen warmen Stoff handelt.

Die Farbstoffe können schon vor ihrer Verarbeitung auf ihre Brauchbarkeit geprüft werden. Vorteilhaft schafft man sich Teste, aus denen hervorgeht, wie sich der Farbstoff gegenüber einer Ware verhält. Sodann lässt sich durch Vergleichsaufnahmen das spätere Verhalten des Farbstoffes schon vor der Verarbeitung feststellen.

Von P. W. Danckwirt, Hannover, liegt in dieser Hinsicht eine sehr interessante Arbeit (49) für textilechnische Untersuchungen vor. Um eine Gesetzmäßigkeit zu finden, welche schwarzen Farbstoffe infrarotes Licht reflektieren und welche nicht, wurden Tuchmuster mit 231 Säure- und Chrom-Farbstoffen eingefärbt und mit Infrarot-Film photographiert, sodann wurde die Schwärzung des Films photometrisch ermittelt.

In einer Tabelle sind die Ergebnisse zusammengestellt und nach steigenden Schwärzungswerten geordnet. Die Arbeiten wurden allerdings mit einem Agfa-Infrarot-Film besonderer Anfertigung durchgeführt. Das Empfindlichkeitsmaximum lag bei 850 m μ . Mit dem Agfa-Filter Nr. 85 schaltete man alle Wellenlängen unter 820 m μ aus, so daß ein nur verhältnismäßig schmaler Wellenbereich verwendet wurde.

Bei mikroskopischen Aufnahmen im Durchlicht lässt sich an Fasern und Fäden sehr dunkler Färbung der innere Aufbau im Infraroten genau erkennen. Bruchstellen und andere Schäden, die dem Auge verborgen bleiben, werden sichtbar und die Fabrikation einer solchen Ware kann auf Grund dieser Erkenntnisse entsprechend gesteuert werden.

Aber nicht nur im Durchlicht, sondern auch im Auflicht können gerade an Stoffen Oberflächenveränderungen und Fremdaufflagerungen sichtbar gemacht werden. Störend wirken sich dabei die Glanzstellen aus, weshalb gerade bei Kunstlicht-Aufnahmen mit sehr diffusen Licht gearbeitet werden muss. Dadurch wird die Belichtungszeit allgemein erheblich verlängert, sie kann aber im Interesse einer guten Erkennbarkeit in Kauf genommen werden.

Einer Materialprüfstelle gelang es zum Beispiel, einen streng lokalisierten Lagerungsschaden, der anderen chemisch-physikalischen Prüfverfahren verschlossen blieb, durch eine Infrarot-Aufnahme örtlich zu fixieren und auf Grund der Ausdehnungsfläche zu beweisen, daß nicht mechanische Einwirkung, sondern eine chemisch-biologische Einwirkung die Grundursache der Beschädigung war, sich aber in einem rein mechanischen Effekt auswirkte. Die Aufnahme dieses Gewebes erfolgte mit Auflicht, wobei Infrarot-Hellstrahler zur Anwendung kamen.

Paläontologische Aufnahmen

Das bei Merseburg gelegene Geiseltal lieferte bei Ausgrabungen auf dem Gebiete der paläontologischen Forschung bedeutende Funde. Für die in den Braunkohlenschichten eingebetteten Fossilien erwies sich die Infrarot-Photographie als ein wichtiges Mittel für die Forschung (50). So zeigen die Knochen von Tierleichen in den 30 Millionen Jahre alten Kohlenlagern bei Infrarot-Aufnahmen ein anderes Reflexionsvermögen als die sie umgebende Braunkohle. Aber nicht nur Knochen, auch andere Objekte werden bei der Infrarot-Photographie anders dargestellt, als sie das Auge wahnimmt. Interessant ist ferner die Tatsache, daß pflanzliche Funde mit Hilfe der Infrarot-Photographie zu wichtigen Erkenntnissen führten. Das schon mehrfach erwähnte Chlorophyll spielt hierbei eine besonders große Rolle. Noch nach den erwähnten Millionen von Jahren ist der Farbstoff des Blattgrüns gegenüber einer Infrarot-Aufnahme wirksam. So konnten die Formen von Blättern mit ihrer

Blattfund aus den Oberlausitzer Braunkohlenschichten. .
Aufnahmen unter Verwendung von zwei Nitraphotlampen je 500 Watt.



Abb. 118. Agfa-Isopan-Platte · Blende 9 Abb. 119. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid · Agfa-Filter Nr. 83 · Blende 9 · 6 Sek.
Aufnahmen: Erika Wege

Aderung genau ermittelt werden. Sie ließen sich dadurch leicht einer bestimmten Art zuordnen. Es gibt Methoden, die Funde durch chemische Behandlung (beispielsweise das Bleichen mit Wasserstoffperoxyd) der Forschung dienstbar zu machen. Immer bedeutet eine solche Behandlung aber eine Gefahr für den Fund. Leidet kann er verletzt oder gar unbrauchbar werden. Deshalb wird man zunächst den Fund durch eine Infrarot-Aufnahme sichern und erst danach eine chemische Behandlung vornehmen.

Eine reiche Fundstelle an tertiären Pflanzenresten der Oberlausitzer Braunkohlenschichten ist der Hasenberg bei Kamenz. Tierische Reste wurden hier praktisch nicht gefunden, da die bei der Inkohlung dieses Gebietes entstehenden Schwefel- und Humussäuren alle kalkhaltigen Bestandteile, wozu Knochen und Weichtierschalen gehören, auflösten. Um so reicher sind hier die Funde an Samen, Steinkernen, Zapfen und Blättern.

Das Exemplar eines Blattes, freundlichst übermittelt durch Dr. K. Berger, Kamenz, wurde wegen der unbedingten Erhaltung mit Kaliumchromat aufgehärtet, in Gelatine eingebettet und zwischen zwei Glasscheiben aufbewahrt. Nach kurzer Zeit war das Blatt so nachgedunkelt, daß das Auge sowohl in der Aufsicht als auch in der Durchsicht nichts mehr erkennen konnte als die äußere Form (Abb. 118). Eine Infrarot-Aufnahme ließ den inneren Bau und die Aderung des Blattes in allen Einzelheiten deutlich in Erscheinung treten (Abb. 119). Das überaus starke Reflexionsvermögen des Chlorophylls hatte bei der Aufnahme seine Wirkung ausgeübt.

Im Interesse erfolgreicher Infrarot-Photographie sollten besondere Erfahrungen mit Infrarot-Materialien der Allgemeinheit zugänglich werden. Der Verfasser bittet daher, über besonders interessante Infrarotarbeiten zu berichten, um sie in einer künftigen neuen Auflage des Buches verwerten zu können. Eine solche Zusammenarbeit sichert der Infrarot-Photographie bestimmt weitere Erfolge.

LITERATURNACHWEISE

- (1) Gehne, H., Feingerätetechnik I, 1952, 117–121.
- (2) Naumann, H., Optik, 10. Band, 1953, 413–422.
- (3) Naumann, H., Abhandl. d. Braunsch. Wissensch. Ges., Bd. VI, 1954, 107–112.
- (4) Naumann, H., Arch. f. Techn. Mess., V, 1954, 44–45.
- (5) v. Angerer, E., Z. S. f. angew. Photogr., Jahrg. 1 und 2, 1939/40, 73–80.
- (6) Forsythe, W. E., u. Christison, F. L., J. Optical Soc. Am. 1930, 20, 693–700.
- (7) Trivelli, A. P. H., Bericht u. d. VIII. Intern. Kongr. f. wissensc. u. angew. Photogr., Dresden 1931, 313.
- (8) Plotnikow, J., Photogr. Korrt., 74, Band, 1938, S. 54.
- (9) Müller-Skjold, F., Schmidt, H., Wehlte, K., Z. S. f. angew. Photogr., Jahrg. 1 und 2, 1939/40, 137.
- (10) Morris, R. B., u. Spencer, D. H., Brit. J. Photographic 87, 1940, 288.
- (11) Rieck, J., Kino-Technik, 1952, 172–174.
- (12) Jörg, M., Photogr. Korrt., 74, Band, 1938, 148.
- (13) Neumann, Jan A., Photogr. Korrt., 74, Band, 1938, 151.
- (14) Martin, F. W., Brit. Med. J. 1933, 1., 1025–1026.
- (15) Wildt, R., Nachr. Ges. Wiss. Göttingen Math. Phys. Kl. 1932, 356.
- (16) Wildt, R., u. Meyer, E. J., Z. S. f. Astrophysik 3, 1931, 354.
- (17) Störmer, C., Physik, Ztschr. 33, 1932, 543; L. Vegard, Die Naturwissenschaften 20, 1932, 288 u. 720; W. Bauer, Die Naturwissenschaften 20, 1932, 287; C. Ramsauer u. A. Kalähne, Die Naturwissenschaften 20, 1932, 721.
- (18) Wildt, R., Die Naturwissenschaften 20, 1932, 851.
- (19) Brügel, W., Physik und Technik der Ultrarotstrahlung, Verlag Curt R. Vincents, Hannover 1951.
- (20) Richardt, E., Sichtbares und unsichtbares Licht, Springer-Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg 1952.
- (21) Erbslöh, J., Röntgen. Blätter, III. J., H. 6, 1950, 305–319; H. 9, 1951, 22–43.
- (22) Egger, J., Veröff. Agfa Bd. IV, 1935, 110–113.
- (23) Dekking, H. M., Graefes Arch. Ophthalmol., 1933, 130, 373–374, 1934, 133, 20–25.
- (24) Mann, W. A., Arch. Ophthalmol., 1935, 13, 985–991.
- (25) Kugelberg, J., Acta Ophthalmol., 1934, 12, suppl. 3, 179–190.

- (26) Nagel, M., u. Klughardt, A., Z. Physik, 1936, 101, 372–373.
 (27) Gulbert, J. C., Ohnstedt, J. M. D., u. Wagman, J. H., Am. J. Physik, 1938, 122, 160–166.
 (28) Erbsloh, J., Zentralbl. f. Gynäkologie, 1952, 2, 52–58.
 (29) Haxthausen, H., Dermatol. Wochschr., 1933, 97, 1289–1292.
 (30) Payne, R. T., Lancet, 1934, 226, 235–236.
 (31) Hardy, J. D., u. Muschenheim, C., J. Clin. Investigation, 1936, 15, 1–9.
 (32) Barker, N. W., u. Julian, L. A., Proc. Staff Metings Mayo Clinic, 1934, 9 (ser. V), 68–70.
 (33) Zimmermann, C., Agfa-Röntgen-Blätter, 1936, 6, 26–32, Radiography and Clin. Phot., 1939, 15, 31.
 (34) Massopust, L. C., Arch. Path., 1937, 23, 67–70.
 (35) Swindic, P. F., J. Biol. Phot. Assoc., 1940, 8, 105–110.
 (36) Mills, G., Radiography and Clin. Phot., 1937, 13, 12–13.
 (37) Calzavara, E., and Bertrand, J., and Hadzigeorgiou, G., Ann. mid., 128, 24, 119–136.
 (38) Preissecker, E., Wien. Klin. Wochschr., 1931, 2, 1458–1460.
 (39) Blair, D. M., and Davies, F., Lancet, 1933, 225, I 1113–1114, II, 801.
 (40) Massopust, L. C., J. Biol. Phot. Assoc., 1936, 5, 20–24.
 (41) Nicholas, J. S., J. Biol. Phot. Assoc., 1936, 5, 3–13.
 (42) Eggert, J., Die Naturwissenschaften, 18, 1935, 282–284.
 (43) Heffeld, K., u. Mecke, R., Z. S. für Physik, 1933, 81, 764.
 (44) Schieb, W., u. Lueg, O., Z. S. für Physik, 1933, 81, 764.
 (45) Childs, W. H. J., u. Mecke, R., Z. S. für Physik, 1931, 68, 344 u. 362.
 (46) Brodersen, P. H., Z. S. für Physik, 1932, 79, 613.
 (47) Mahla, K., Z. S. für Physik, 1933, 81, 625.
 (48) Eggert, J., Veröff. Agfa Bd. IV, 1935, 104–108.
 (49) Danckwörth, P. W., Hannover, Z. S. f. angew. Photogr. Jahrg. 1 u. 2, 1939/40, 48–50.
 (50) Eggert, J., Veröff. Agfa Bd. V, 1937, 283–289.

Weitere Infrarot-Literatur:

- Deribéré, Maurice
 · La photographic à l'infrarouge.
 Verlag Montel, Paris.
 Clark, Walter
 Photography by infrared. Its Principles and Applications.
 2. Aufl.
 Verlag John Wiley u. Sons, New York. 1946.

STICHWORTVERZEICHNIS

- Abblenden 41
 Abdomen 113
 Absorptionsbanden 110, 126
 Aerophotogrammetric 83, 102
 Antimonglanz 126
 Arsenkies 126
 Arteriensystem 118
 Astronomische Forschungen 110
 Astronomische Spektrographie 109
 Astrophotographic 109
 Atrophie der Iris 111
 Aufklärung von Fälschungen 106
 Auflösungsvermögen 22
 Aufnahmefilter 41, 42, 43, 44, 45
 Augenhintergrund 113
 Auszugsvorlängerung 39
 Bandenspektren 126
 Belichtung 46, 49, 89
 Belichtungsmesser 46, 63
 Belichtungsverlängerung 46, 47, 89
 Bildmessung 101
 Bildwandler 125
 Blattgrün 50
 Blauer Himmel 50, 52, 55, 56, 61, 62, 77
 Blende 37
 Blitzlampen 9, 13, 48, 49, 102, 103, 113
 Blitzlichtpulver 9, 13
 Blitzröhren 9, 13, 48, 49, 102, 103
 Blutflecke 109
 Bodennebel 84
 Braunsche Röhre 125
 Brennweite 36
 Brennweitenverlängerung 36
 Brillenglas 74
 Chitinschicht 120
 Chlorophylleffekt 56, 70, 81, 84, 125, 128, 130
 Choriodea 113
 Chromatophoren 111
 Daguerreotypien 91, 92, 93
 Dermatologie 117
 Desensibilisator 30
 Dunkelblitz 106
 Dunkelkammerbeleuchtung 24
 Dunkelkammerschutzfilter 24, 30
 Dunkelphotographic 102, 104, 113
 Dunstschichten 69, 101, 102
 Durchdringen von Wolken 82
 Durchlässigkeit von lebendem Gewebe 110, 114
 Ekzem 118
 Elektromagnetische Wellen 9
 Empfindlichkeit 21, 25
 Empfindlichkeitsmaximum 17
 Entenmuschel 122
 Entwickeln 25
 Entwickler 26, 27, 28, 29
 Entwicklertemperatur 25
 Entwicklungszeit 25
 Entzifferungen 96
 Einstellpunkt 36
 Einstellung 37
 Eisenglanz 126
 Eisrank 23
 Erzminerale 125
 Fälschungen 97, 106, 108
 Farbenempfindlichkeit 14, 15, 21

Färbeln von Lampen 103
 Feinkornentwickler 22
 Feinstkornentwickler 22
 Fernaufnahmen 74
 Ferne 52, 69, 101
 Fernsichten 68, 69, 72, 73
 Filter 41, 42, 43, 44, 45, 55
 Fixieren 31
 Flohkrebs 124
 Fokusdifferenz 36, 37, 121
 Fossilien 120, 128
 Gamma 19, 25
 Gamma-Strahlung 10
 Gefäßveränderungen 120
 Gegenlicht 51, 75
 Gelb 51
 Gemäldeuntersuchungen 97
 Geographie 83
 Gesamtspektrum 9
 Glühende Körper 13
 Gradation 19, 83
 Grauer Himmel 51, 57
 Grauer Star 113
 Grauwerte 50, 77, 85
 Grün von Nadelbäumen 50

Haltbarkeit 23
 Hautvenen 113, 116
 Helllichtentwicklung 30, 31
 Hertzsche Wellen 10
 Holzkassetten 24
 Hornsubstanz 120

Infrarot 12, 13, 16
 Infrarot-Dunkelstrahler 13
 Infrarot-Hellstrahler 13
 Infrarot-Material 15, 16, 17, 21
 Infrarote Strahlen 12, 13, 14, 49, 78
 Inkohlung 130
 Interferenzbilder 126
 Iris 111

Kameras 35
 Kohlenoxyd im Blut 111
 Kontrast 25, 26
 Kopieren 58, 59, 60
 Korndurdimesser 22
 Körnigkeit 21, 22, 33
 Körperfarben 12

Kosmische Strahlung 10
 Krebsforschung 120
 Kriminalistik 108
 Kryptocyaninplatten 84
 Kühlshrank 23
 Kunstdichtquellen 9
 Laufzeiten 23
 Leitzahl 49
 Licht 9
 Lichthofschutz 22
 Lichtquellen 13
 Luftbildaufnahmen 75, 83
 Luftbildkammer 102
 Magenkarzinom 118
 Mamme 113
 Mammatumor 120
 Medizinische Aufnahmen 110
 Mikrophotographie 120
 Mikroskopierlampen 121
 Minerale 125
 Mitlicht 53
 Molibdänglanz 126
 Mondlichteffekt-Aufnahmen 55, 56, 60,
 65
 Muttermund 120
 Nachkopieren 58
 Nebel 80, 81
 Nervenfasern 124
 Neu-Coccin 90
 Nordlicht 110
 Noxen 120
 Objektive 35, 36, 39, 74, 121
 Opakminerale 126
 Operationspräparat 118
 Orthodromatische Schicht 14
 Orthopandromatische Schicht 14
 Paläontologische Forschung 128
 Parasiten 125
 Pfeilwurm 123
 Photogrammetric 100
 Pilze 125
 Psoriasis 118
 Punktlichtlampe 121
 Pupillendurdimesser 104, 113
 Pupillenveränderungen 113

Raketen 84
 Rapidentwickler 22
 Reflexionslichtof 22
 Refraktor 109
 Reproduktionen 91, 93, 94, 95, 97, 98
 Retina 113
 Retusche 85, 87, 97
 Rot 51
 Röntgen 87
 Rundfunkwellen 10
 Scharfeinstellung 36, 37, 38, 77, 90, 95,
 121
 Schnittweite 36
 Schulniederschläge 109
 Schwammpareidym 72
 Schwangerschaft 113
 Schwärzungskurve 19, 20
 Sektionspräparat 118
 Sensibilisierung 14, 16, 17
 Sensibilisierungsmaximum 17, 21
 Sichtbares Licht 9, 10, 11
 Silberkörper 21
 Silikagel 23
 Sklera 111
 Sonnenkorona-Gerät 109
 Spektralanalyse 126
 Spektrale Empfindlichkeit 17
 Spektralfarben 11, 12
 Spektren 110
 Spektrum des sichtbaren Lichtes 11, 12
 Spiegelobjektive 36
 Spiegelteleskop 36
 Strahlende Körper 13
 Streuung des Lichtes 78

Tankentwicklung 26
 Tatowierungen 109
 Täuschung 55
 Teleskop 109
 Tertiäre Pflanzenreste 130
 Textiluntersuchungen 127
 Thrombos 116
 Tonabstufung 50
 Trabekel 111
 Trocknung 33
 Triibe Medien 78
 Tumor 118
 Übersensibilisierung 33, 34
 Ultrarot-Strahlung 10, 12, 13
 Ultraviolet-Strahlung 10, 12
 Unendlichkeitsstellung 38, 40
 Unsensibilisierte Schicht 14
 Unsichtbare Strahlen 12
 Unterbrecherbad 31
 Varizen 113, 117
 Venen 114, 116, 117
 Venennetz 113, 116
 Vergilzte Vorlagen 93, 94
 Verhaltensforschung 104
 Verlängerungsfaktoren 47, 48
 Vermessung 100
 Verstellwerte 38, 39, 40
 Vordergrund 52
 Wärmestrahlen 127
 Wässerung 32
 Weiße Wolken 50, 51, 54
 Wochenbett 113
 Woodeffekt 70
 Zellkern 123

A black and white advertisement for the Praktica FX2 camera. The main image shows the Praktica FX2 camera from a three-quarter front view. Below it, there are two smaller inset images: one showing a close-up of the lens and another showing the camera with its lens removed. To the right of the main camera, there is descriptive text.

*Von der Fernaufnahme
bis zum Makrophoto...*

behracht die bewährte Praktica haben alle Aufnahmegerüste. Den technischen Fortschritt entsprechend erhielt diese einzigartige Kleinbild-Spiegelreflex einen formschönen und konstruktiv verbesserten Lichtschacht, der das neue und leistungsfähigere KW-Umkehrprisma in sich aufnehmen kann.

Auswechselbare Objektive, Schlitzzverschluß $\frac{1}{12}$ bis $1/500$ Sek. und 8, elastische Arbeitsweise bei größter Zuverlässigkeit, sind auch weiterhin die Hauptmerkmale der Praktica. Über 200000 dieser einzigartigen Spiegelreflex, haben in mehr als 40 Ländern bisher zufriedene Freunde gefunden.

PRAKTICA FX2

24X36mm

VEB KAMERA-WERKE NIEDersedlitz DRESDEN A 17

A black and white advertisement for Agfa Infrared Film 750. It features a roll of film with a label that reads "Infrarotfilm 750" and "Kodak SAFETY FILM". Next to the roll is a diamond-shaped Agfa logo. The background is a stylized graphic with diagonal lines and a large, sweeping arrow-like shape containing the text "Agfa Infrared Film 750". Below this, there is additional text.

**DER NEUE INFRAROT-FILM
MIT GESTEIGERTER
EMPFINDLICHKEIT**

FÜR WISSENSCHAFT
UND TECHNIK

FÜR DEN AMATEUR
UND DIE KINETECHNIK

VEB FILMFABRIK AGFA WOLFEN

DIE FOTOGRAFIE

Zeitschrift für gestaltende und dokumentarische Fotografie.
Erscheinungsweise: monatlich 1 Heft.
Umfang: 28 Seiten und 4 Seiten Umschlag.
Format: DIN A 4. Preis je Heft DM 2,—.

FOTO-FALTER

Monatsblätter für Freunde der Fotografie.
Erscheinungsweise: monatlich 1 Heft.
Umfang: 32 Seiten und 4 Seiten Umschlag.
Format: DIN A 5. Preis je Heft DM 2,—.

FILM FÜR ALLE

Zeitschrift für das Amateur-Filmschaffen.
Erscheinungsweise: zweimonatlich 1 Heft.
Umfang: 32 Seiten und 4 Seiten Umschlag.
Format: 17×24 cm. Preis je Heft DM 1,—.
Erscheint ab März 1956.

FOTOTECHNISCHE RUNDSCHAU IN WISSENSCHAFT UND PRAXIS

Eine technisch-wissenschaftliche Zeitschrift für Foto-Optik.
Foto-Chemie und angewandte Fotografie.
Erscheinungsweise: zweimonatlich 1 Heft.
Umfang: 32 Seiten und 4 Seiten Umschlag.
Format: DIN A 5. Preis je Heft DM 1,20.

FOTOGRAFIK

Erscheinungsweise: vierteljährlich 1 Heft.
Umfang: 16 Seiten und 4 Seiten Umschlag.
Format: 24,5×31 cm. Preis je Heft DM 3,—.

Probehefte erhalten Sie direkt vom Verlag

VEB WILHELM KNAPP VERLAG · HALLE (SAALE)



Der tatsächliche Wert einer Kleinbild-Kamera liegt nicht allein



in ihrer technischen Vollkommenheit. Was z. B. die CONTAX F



oder begehrtenwert macht, ist ihr so ungewöhnlich reich-

CONTAX FB so



haltiges Zubehör wodurch diese Kamera praktisch alle Spezialgebiete der

Photographie erschließt. Ob Nah- oder Fernaufnahmen mit den ver-



schiedenen Brennweiten der Auswechselobjektive, ob für wissen-



schaftliche Zwecke Mikroaufnahmen oder

Betrieb gebraucht werden immer ist diese



Aufgaben gewachsen.



VEB ZEISS IKON DRESDEN



Reproduktionen für den



Spitzenkamera den



EXAKTA

Makro- und Mikro-Fotografie

Von Georg Fiedler.

181 Seiten, 106 Abbildungen im Text, 29 Makro- und Mikraufnahmen, 8 Farbbilder im Anhang. Leinen DM 9,60.

Unverkennbar ist das Bestreben, in Wissenschaft und Technik die Kamera in einem Umfang einzusetzen, der vor einigen Jahrzehnten noch nicht zu ahnen war. Dabei erhebt sich die Frage nach dem Kameratyp, der dem Wunsch nach universeller Anwendungsmöglichkeit am weitesten entgegenkommt und bei geringstem Aufwand optimale Ergebnisse liefert. Die bisherige Erfahrung und Entwicklung haben gelehrt, daß die einäugige Spiegelreflexkamera, wie sie in der EXAKTA Vareo vorliegt, mit weitem Vorsprung herrscht. - Im Rahmen des vorliegenden Buches werden zwei der wissenschaftlichen und technischen Einsatzmöglichkeiten der EXAKTA von Diplom-Optiker Georg Fiedler, einem Jahrzehntlangen Praktiker auf diesen Gebieten, in der notwendigen Beschränkung auf das Wesentliche klar behandelt. Für den Leser ergibt sich daraus die Gewißheit, daß er im Buch nur exaktes Wissen aus eigener Erfahrung findet. Selbstverständlich geht es dabei nicht ohne theoretische Grundlagen ab. Der Verfasser hat aber stärksten Wert darauf gelegt, daß die Praxis den Vorrang behält. - Wissenschaftler und Techniker, aber auch Studenten fast aller Disziplinen werden in diesem Buch eine wichtige Hilfe und Anleitung für ihre Arbeit finden.

FARBEN-FOTO-PRAXIS

Handbuch der Farbenfotografie

Von Dr. Otto Watter.

176 Seiten. Mit 30 Abbildungen und 18 Farbtafeln. 2. Auflage 1956.
Leinen DM 11,-.

Farbig fotografieren und nicht bunt ist der Wunschräum vieler Fotofreunde. Der bekannte Fotolachmann und Agfa-Farbenspezialist Dr. Watter, der die Note seiner Fotofreunde kennt, hat es übernommen, in seiner „Farben-Foto-Praxis“ ein Lehr- und Handbuch zu schaffen, das der Farbenfotografie neue Freunde gewinnen wird. Denn in Abwandlung des bekannten Werbesatzes können wir heute mit Recht sagen: „Wer farbig fotografiert, hat mehr vom Leben.“

VEB WILHELM KNAPP VERLAG · HALLE (SAALE)

Jenaer Rundschau

aus JENA

1



Jenaer Rundschau

Inhaltsverzeichnis	
Ausschreibung des VEB Cmz-Jena zur Technikum-Messe Leipzig 1957	3
Zwei-Uhrkurse für die Ausbildung der Lehrer in TU und JU 1957	3
Dr. Hans Martin Böhl, Wiss.-nachrichtliche Mutterberatung	3
Zentrale Dokumentationsstelle	3
Walter Wendt, Lektor der "Vereinseisenbahn", Produktion und Raum	3
Karl Erhart	3
Von der "Zentralen Kulturbibliothek" aus	3
"Wir sind überall" - eine Dokumentation	15
Walter Grätz, Schriftsteller	15
Dipl.-Ing., Horst Schröder, Wissenschaftlicher Abschlusskatalog	21
Erich Aßler und die Entwicklung zum Elektromechanikerkopf	21
Zentrale Reisebüro der DDR im Auftrag eines Reisenden: Reisekatalog	21
Walter H. Müller, Leiter des Zentralen Reisebüros	21
vom 1. bis zum 30. September 1957	21
von der verschiedenen Einrichtungen der Zentralen Reisebüros der Städte	21
zu besuchten Inseln.	21
110 Jahre Carl Zeiss Jena	21
110 Jahre Carl Zeiss Jena	21
VEB Carl Zeiss JENA auf Messen und Ausstellungen in 1957	21
Jubiläumsausgabe 110 Jahr Carl Zeiss Jena	21
Zeiss-Tourismus	21
Zeiss-Weltkarte	21
Prof. Heckmann über das 2. Universitäts-Spielspektakel	3
Kindertreibereit	3
Ulfarpsheim Studien	3
Ulfarpsheim Studien	3

**Das „JENAER JAHRBUCH“
von der wissenschaftlichen Arbeit
des VEB Carl Zeiss JENA**

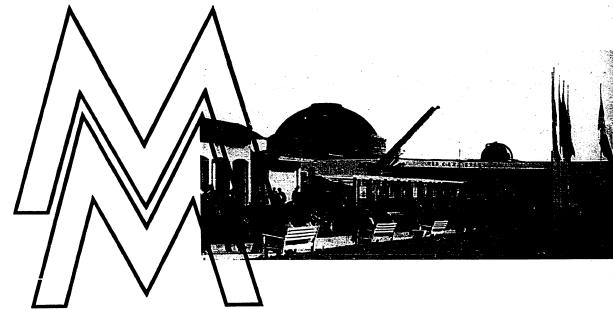
Forts. auf S. 2, 1956
Inhaltsverzeichnis Jahrbuch 1954 I: A. Sinn-
über die chemische Korrelation der zu-
gründenden Prozesse im Bereich der an-
atomischen B-Substitution und ihrer
theoretische Begründung; O. W. Lohr: Ein Bi-
zum Lupenproblem und ein besonderer Be-
sichtigung die in der Praxis bevorzugt in
zur Anwendung; S. M. Yacobi, D. L.
Patterson: Die Anwendung der Röntgen-
strahlung in der Untersuchung von Prä-
paraten; K. Hahn: Über den Kontaktions- und
Assimulations-Elektronenstrahl-Objektive;
Pohlack: Über die Untersuchung in der
sichtlichen Metallschicht; W. Falta: Prä-
paration und semikontinuierliche Her-
stellung von Präparaten aus Pflanzen-
gewebe; G. Weil: Die chemische Analyse
Oberflächen und Gelehrte und Wasser in Über-
stücken; Bittner: Von Gasentladungen in
sinn: Anwendung in der Klin-perimentier-
Jahrb. über eine Methodik und ein Gerät.

Messung des Taumelfliers von Vertikalachsen
geodätischer Instrumente: H. Trommsdorff,
Anwendung des Ultraschallsichtverfahrens

Anwendung des Ultraschallverfahrens
Prüfung und Orientierung von Quarzglocken
E. Hankel; Russland mit W. Nitsch, Udo Pfeiffer;
Titatitengruppen mit Albrecht H. Normann
H. Hasselmeier; Allgemeine Untersuchung
über das Kreuzfeldgerinnik.

Inhaltsverzeichnis Jahrbuch 1954 II: Börge
Ziel, Vermirk zur Geschichte, der Zusammensetzung
A. Kohler, Ein Beitrag zum Verständnis der
optischen Probl eme; A. Sonnenfeld, Über die
und neue optische Kriterien und ihre
für die Optoteknik; W. Kubas, Ein Kommentar
Spezialstahl mit vorschriftsmässigem

Bildfeld von 5° und einer Bauhöhe, die den Schmidts-Punkt mit Ebene und Linie gleichstellt. H. Beck und K. Grosse: Über die Reflexion im Schmidts-Kreiskopf. Teil I: Wahrschahen-keitsprinzip und Beobachtungsmethode. Teil II: Theorie des Stochastischen Verfahrens der Abstandsberechnung bis zu einer kleinen Zeitd. F. Funk: Über den Aufbau des optischen in den Einfluss der Lichtverluste im Zusammenhang auf die Bildqualität. H. Beck und K. Grosse: Über die Anwendung der Methode der Fehlerfortpflanzung auf das Schmidts-Kreisystem. R. Winkel: Ein Weg zur Optimalisierung der Güte der Projektionsobjektive. H. Pohl: Über die Lichtstreuung durch Metallstäbe. P. Görlich: Bemerkungen zur Frage der Anwendung von Photostichikverfahrenen in der Fotografie. W. Falta: Zusatzgeräte für elektrisch-trickische und mechanische Schmidts-Kreis-Photokameras. Zwei Spezial-Image-Modem. G. Becker: Elektronische Film- und Spiegelbelichtungssteuerung.



Ausstellung des VEB Carl Zeiss JENA

Ausstellung des VEB Carl Zeiss

Zur Leipziger Messe (mit Technischer Messe) vom 3. März bis 14. März 1957, die mehr als je Ort und Gelegenheit der Begegnungen und des Gedanken- und Erfahrungsaustauschs von Wissenschaftlern, Technikern und Kaufleuten aus aller Welt gestellt, daneben die Projektions- und Kinogeräte und das Elektronenmikroskop. In der **Kuppel des Zeiss-Pavillons** veranstalten wir Vorführungen des Klein-Planeteariums.

Wissenschaften, Technikern und Kaufleuten aus aller Welt, insbesondere aber Zentrum des Vergleichens aller technischen Standes und der Leistungsfähigkeit der verschiedenen Wirtschaften vieler Völker sein wird, bereitgestellt unter Werbung für die Ausstellung und Präsentation ihrer vorzüglichsten Erzeugnisse.

mit Sorgfalt die große Ausstellung seiner Erzeugnisse vor.

Die Zeiss-Erzeugnisse werden in Halle 15/X auf dem Gelände der Technischen Messe auf 850 qm Ausstellungsfäche und im Zeiss-Pavillon, der unmittelbar an Halle 15/X anschließt, auf 80 qm Ausstellungsfäche gezeigt und demonstriert. Im Zentral-Messegastpalast wird eine Schau der Lehr- und Lernmittel unserer Gerätetechnologie gezeigt. Weiters auf 1830 qm Ausstellungsfäche nicht unser gesamtes Fertigungsprogramm zur Basismesseausstellung jedoch einen umfangreichen Beitrag geleistet.

wertige Produktion in Leipzig gezeigt, werden, darüber hinausverständlich die neuen und neuesten. Auch die aus der Jenaer Zeiss-Geräte auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1957 vorgeführten Erzeugnisse werden hier gezeigt. Sie sind die ersten beweisen, welche hervorragenden Ergebnisse die seit 11 Jahren im Werk verwirklichte engste Zusammenarbeit von wissenschaftlicher Forschung, Entwicklung und Fertigung bei einer Bautechnisch-optischer und physikalisch-technischer Geräte immer wieder, besonders auch in der Entwicklung und Fertigung immer neuer Geräteteile erzielen läßt. Diese Erzeugnisse beweisen die entscheidende

In **Halle** finden die Besucher unserer Ausstellung die Ge-**geräte**: **Brunnberg'sche Mikroskopische Optische Melzern-Vergleichungs-**
geräte, **Brügelgeräte**, **Spiegelgeräte**, **Große Feinheits-**
prüfmaschine, **Wärmer**, **ophthalmologische Geräte**, **Brillengeräte** und die **Geräte der Sonderfertigung**, wie **Hochvakuumgeräte**, **Ultralschallgeräte**, **Photometer**, **Photo-**
fotometer, **Übersicht** und **Einblick** gewährt.

Hochvakuumgeräte, Ultraschallgeräte, Photozelle, Photoelemente, Sekundärelektronenvervielfacher, Thermoelemente usw.

Im **Zeiss-Pavillon** werden die hochentwickelten mechanischen, optischen, optisch-mechanischen Zeiss-Feinmeß-Geräte aus-

täglichen Arbeit wird immer wieder neu das von Linné Auge in das Schaffen des Werkes eingeführte Prinzip der vollständigen Durchdringung von Wissenschaft und Praxis bestätigt, immer neu der Grundsatz der Vervollkommenung der Arbeitsmethoden und der Verfeinerung der Hilfsmittel zur

Regelung und Kontrolle der praktischen Arbeit verwirklicht, mit dem Carl Zeiss vom ersten Tag an seine Werkstätte zu einer „hohen Schule subtiler Technik“ machte. Nur so können die dauernd steigenden Anforderungen an höchste Qualität und Funktion unserer Geräte und nach neuen Geräten für immer neue Anwendungsbereiche erfüllt werden.

Die Ausstellung der Zeiss-Geräte auf der Leipziger Frühjahrsmesse wird einen wertvollen Beitrag dazu leisten, dass wieder mehr Menschen sich erinnern lassen, durch eingehendes Studium und gründliches Vergleichen sie für den **wissenschaftlichen und technischen Fortschritt** haben. In wie hohem Maße Zeiss-Geräte Voraussetzungen modernen Schaffens in Forschung und Technik, welcher entscheidende Beitrag sie für die Modernisierung, Mechanisierung und Automatisierung der neuzeitlichen Industrie, z. B. für noch wirkungsvollere Meß- und Prüfverfahren sind, das werden diese Geräte selbst auf der Messeausstellung in Leipzig zeigen. Und dann werden wieder anders die physikalisch-technischen, optisch-mechanischen Feinmeßgeräte und die physikalisch-optischen Meßgeräte zeigen. Die Ausstellung aller anderen wissenschaftlich-technischen Gerätgruppen und Geräte wird ebenso klarmachen, daß es ohne sie auf vielen Gebieten modernerer Forschung, Entwicklung und Technik ergebnisreiches Schaffen nicht geben kann.

Beweise und Zeugnisse des hohen Rangs der Zeiss-Fertigung, werden auch die ausgestellten Zeiss-Feldstecher und Zeiss-Photobjektive erneut höchste Aufmerksamkeit finden. Noch immer ist Kaufinteresse unserer Kunden ungebrochen. Noch immer sind „Zeiss-Feldstecher“ die besten der Welt. Sie werden fortgesetzt in ihrer Qualität und Leistung verlässlich kommet und modernisiert. Und so auch die Zeiss-Objektive, die sich

bis heute unbestritten ihren Weltruf erhalten und immer wieder neu erworben haben. Ihre große Zahl von Typen für alle Zwecke der Photograpie wurde um neue bereichert, die in Leipzig erstmals gezeigt werden.

Es ist das Bestreben unseres Werkes, durch entsprechende Gestaltung der Ausstellung seiner Geräte auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1957 einen Beitrag dazu zu leisten, dass wieder mehr Menschen sich erinnern lassen, durch eingehendes Studium und gründliches Vergleichen sich davon zu überzeugen, daß es immer neue und große Bemühungen des Werkes ist, in seinen ganzen Gerätesschaffen das Welt niveau der Technik zu erreichen, zu halten und ihm voraus zu sein. Die Ausstellung wird den Wissenschaftlern und Kaufleuten, den Konstrukteuren und Ingenieuren des Zeiss-Werkes als die größte Gelegenheit zu intensivem Gedanken und Erfahrungsaustausch mit den Interessenten, Kunden und Freunden der Gerätebedarf eröffnet und genutzt werden. Es würde für sie höchstes Gewinn der Messe-Ausstellung sein, wenn sie von den Besuchern aus allen Ländern der Welt kritische Hinweise, Anregungen, neue Wünsche für ihr künftiges wissenschaftliches, konstruktives, fertigungstechnisches Geräteschaffen und für die Grundsätze und Praxis der Vertriebs der Zeiss-Erzeugnisse empfangen könnten. Viele unserer wissenschaftlichen, technischen und praktischen Probleme könnten so gelöst werden, wenn sie entsprechend den alten Fragen, Hinweisen und Wünschen zur Beantwortung zur Verfügung ständen. Es würde ihnen große Freude und Ehre sein, recht viele interessente Kunden, Benutzer und Freunde unserer Geräte in unserer Messe-Ausstellung begrüßen zu dürfen. **Jo**

Ultrarot-Spektralphotometer UR 10 aus Jena

Hans-Martin Bolz

Noch vor einigen Jahrzehnten ließen sich recht scharfe Grenzen zwischen den verschiedenen Disziplinen der exakten Naturwissenschaften ziehen. Die fortschreitende Erkenntnis hat diese Grenzen durchbrochen. Das gilt für besondere Maße von der Physik bis zur Chemie. So neben physikalischen, insbesondere optischen Untersuchungsmethoden, einen wichtigen Platz im modernen Laboratorium ein.

Die jüngste Entwicklung auf diesem Gebiet stellt die Einführung der Ultrarotspektroskopie (bzw. in Anlehnung an fremdsprachliche Bezeichnungen auch Infrarotspektroskopie) dar. Sie hat im Laboratorium des organischen Chemikers dieselbe Bedeutung wie die Emissionspektralanalyse im Metall-Labor und ist, ergänzt durch die Ramananalyse, die wichtigste optische Methode der organischen Chemie. Obwohl die Pioniere der Ultrarotspektroskopie aus Europa waren, so ist die Entwicklung in Europa bis heute nicht in dem Maße zur Anwendung gelangt, wie beispielsweise in den USA. Der Grund ist darin zu suchen, daß in den USA und auch in England seit etwa zehn Jahren Geräte für die Ultrarotspektrometrie von hoher technischer Vollkommenheit

industriell hergestellt und heute schon zu mehreren tausend Stück eingesetzt werden. Mit der Konstruktion des UR 10 im VEB Carl Zeiss JENA ist dieser Entwicklungsvorsprung des Auslandes aufgeholt worden. Bild 1.

Die Bedeutung der Ultrarotspektrometrie liegt darin, daß physikalische Substanzen (einige einfache Gase wie z. B. Sauerstoff, Stickstoff, die Edelgase u. a. ausgenommen) ein für die charakteristisches Absorptionspektrum im ultravioletten Spektralbereich hat. Das Ultrarotspektrogramm ist demnach ein Kurvenzug, der die prozentuale Durchlässigkeit der Substanz als Funktion der Wellenlänge darstellt. Bild 2 zeigt an einem einfachen Beispiel, wie Anzahl der Substituenten und Art der Anlagerung an den Benzolring das Spektrum verändert. Die Absorptionskurve ist in Bild 3 dargestellt, daß das Kohlenstoffschwungsfähiges Molekül mit diskreten Eigenfrequenzen ist, deren Werte durch die Massen und Bindungskräfte der schwingenden Teile bedingt sind. Fällt nun Strahlung aller Frequenzen auf ein solches Molekül, so werden daraus die Eigenfrequenzen des Moleküls absorbiert und erscheinen in der durchgelassenen Strahlung als Absorptions-

stellen. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel ist in Bild 3 dargestellt. Dieses Spektrum ist bestimmt durch die Grundschwingerung des Wasserstoffatoms gegen das Chloratom im handelförmigen HCl-Molekül, überlagert von den gequantelten Rotationszuständen.

Ultrarotspektralphotometer werden eingesetzt zur qualitativen und quantitativen Analyse organischer Substanzen und zur Erforschung ihrer Molekülstruktur. Ihre Anwendungsbereiche liegen in der organisch-chemischen Industrie und

und weitgehende Anpassungsfähigkeit an extreme Anforderungen. Diese Forderungen bestimmen weitgehend die zu wählende Meßmethode sowie den optischen, elektrischen und mechanischen Aufbau.

Das UR 10 des VEB Carl Zeiss JENA arbeitet nach dem bewährten Zweistrahl-Wechselseitigkeitsprinzip des Nullabgleichs (Bild 5). Die rechte Bildhälfte stellt den Regelkreis dar. Die Stellung der schematisch als Keil dargestellten Kompensationsscheide entspricht der Durchlässigkeit der

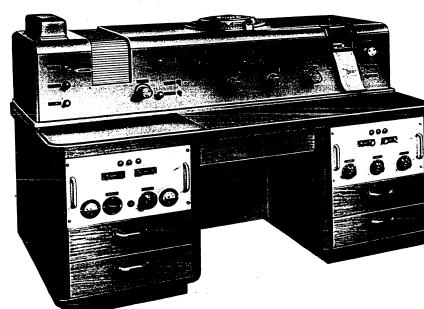


Bild 1: Registrierendes Ultrarot-Spektralphotometer UR 10 des VEB Carl Zeiss JENA

Forschung, in der pharmazeutischen Industrie, in der Pharmakologie, in der Erdöl- und Kunststoffindustrie, in der medizinischen, biologischen und bakteriologischen Forschung und in der Kriminalistik. Methodisch zeichnet sich die UR-Spektralphotometrie vor anderen Analysenmethoden aus durch geringen Substanzzbedarf, Rückgewinnung der unzersetzt untersuchten Substanz, durch schnelle Zeitaufwand und durch die Fähigkeit der quantitativen und qualitativen Art, die in einem Spektrrogramm stecken.

Von einem modernen UR-Spektralphotometer verlangt man außer hoher Genauigkeit: Automatisierung, einfache Bedie-

nung und weitgehende Anpassungsfähigkeit an extreme Anforderungen. Diese Forderungen bestimmen weitgehend die zu wählende Meßmethode sowie den optischen, elektrischen und mechanischen Aufbau.

Das UR 10 des VEB Carl Zeiss JENA arbeitet nach dem bewährten Zweistrahl-Wechselseitigkeitsprinzip des Nullabgleichs (Bild 5). Die rechte Bildhälfte stellt den Regelkreis dar. Die Stellung der schematisch als Keil dargestellten Kompensationsscheide entspricht der Durchlässigkeit der

geworfen. Der Monochromator arbeitet nach dem Littrow-Prinzip; das Prismenpaar zweimal doppelt und das Spektrum entsteht in der Ebene des Austrittspalts 12. Durch Drehen des Littrowspiegels 11 wandert es über den Spalt. Um eine genaue Aufzeichnung der Wellenlänge zu erzielen, wird der Spiegel 11 nicht mit konstanter Winkelgeschwindigkeit gedreht, sondern wird von einer den Dispersionskurven der Prismenmaterialien entsprechend gerechneten und mit höchster Genauigkeit gefertigten Kurvenscheibe gesteuert. Die spektrale Zeilestrahlung fällt auf den Strahlungsspanner eines Zeiss-Theodoliten 13. Dieser ist mit einem elektronischen Empfänger-Multiplizierverstärker, daß über ein elektromagnetisches Wendegetriebe unter Mitwirkung eines synchrotron mit dem Modulationsspiegel 4 laufenden kontaktgesteuerten Phasendetektors der Servomotor 15 mit der Blende 5 den optischen Nullabgleich besorgt. Damit ist der Regelkreis geschlossen. Seine Zeitkonstante ist für die Arbeitsweise des Gerätes von großer Bedeutung; sie ist daher mit mechanischen und elektronischen Mitteln in weiten Grenzen verstellbar.

Von der großen Anzahl interessanter und teilweise neuartiger technischer Einzelheiten können hier nur einige näher beschrieben werden. Als Abbildungselemente, eine Linse zur Kaliumbromid ausgenommen, sind oberflächenbelagte Spiegel mit einer harten, im UR aber nicht absorbierten Schutzschicht. Glas oder Quarz scheiden als Bauelemente völlig aus,

da diese Substanzen nur bis etwa 3μ Wellenlänge durchlässig sind.

Die Prismen werden aus den im VEB Carl Zeiss JENA geschmolzenen großen synthetischen Kristallen aus Lithium-Fluorid, Steinsalz und Kaliumbromid hergestellt. Diese drei Prismen sind auf dem gemeinsamen Prismenteller 10 montiert. Nach Ablauf des Arbeitsbereichs eines Prismas wird automatisch innerhalb einiger Sekunden das nächste Prisma eingeschwenkt. Dieser automatische Prismenwechsler bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber der in anderen Geräten verwendeten Mechanismen, die mit dem Hantieren der Prismen beladen sind. Es entfällt die Gefahr der Dauerjustierung, der Beschädigung und des Beschlagens der hydrolytischen Prismen. Es entfällt auch die Wartezeit von 30 Minuten für das Temperieren der Prismen nach Einstellen in das wärmeres Gerät. Alle diese Unzulänglichkeiten haben dazu geführt, daß bisher fast alle Spektrogramme nur mit dem Steinsalzprisma aufgenommen worden sind. Dieses ist seiner Durchlässigkeit nach im Bereich 15μ bis 25μ und damit eben begrenzt, da es nur mit dem Material Mischsalz bestückt ist. Die Leistung eines Prismas ist nun aber sein Auflösungsvermögen, das außer von der Basislänge von der Dispersion des Materials direkt abhängt. Bild 6 zeigt, daß Steinsalz im Gebiet unter 5μ bis 6μ eine sehr geringe Dispersion und damit auch nur ein schlechtes Auflösungsvermögen hat. Es wird um das 3- bis 8fache übertragen von Lithiumfluorid. Die Verwendung eines

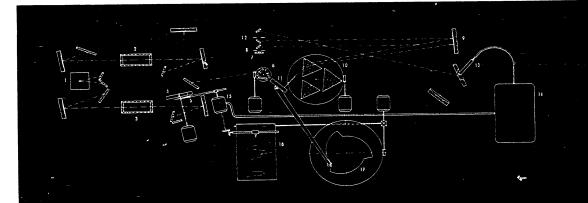


Bild 4: Optisch-mechanisches Schema des UR 10

LiF-Prisma, liegt daher auf der Hand, ist aber in einem modernen Gerät, das davon auskostet, wenn die Prismen automatisch gewechselt werden. Die geringe Dispersion von NaCl im Gebiet von 2 bis 6μ hätte zur Folge, daß dieser Spektralbereich für die Analyse bisher fast gar nicht herangezogen werden konnte. Aufnahmen mit dem LiF-Prisma versprechen neue Erkenntnisse und erschließen dieses Gebiet praktisch überhaupt erst der UR-Spektroskopie. Bild 7 zeigt überzeugend das höhere Auflösungsvermögen des Spektralraums, der durch die Verwendung des LiF-Prismas erzielt wird. Bild 8 zeigt, daß Stein- und Kaliumbromidprisma im Spektralraum erstickt sich bis 25μ . Hier liegen wichtige Schlüsselbänder der Aromaten. Auch dieser Spektralbereich ist aus den oben genannten apparativen Gründen bisher erst ungünstig bearbeitet worden. Es ist zu erwarten, daß eine Reihe von Substanzen, die im Stein- und Kaliumbromidprisma nur überlappende Bänder haben, im Kaliumbromidprisma getrennt analysierbare Banden aufweisen.

Außer durch das Auflösungsvermögen wird die Leistung eines Spektralphotometers bestimmt durch die Zeit, die zur Aufnahme eines Spektralraums benötigt wird. In großen Industriebüros fallen täglich so viele Untersuchungssubstanzen an, daß sie nur bewältigt werden können, wenn ein wohlgedachter Ablauf von Substanzevorbereitung, Spektralaufnahme und Auswertung ein pausenloses Arbeiten des Gerätes gewährleistet und wenn vor allem das Gerät selbst so konstruiert ist, daß es schnelles Registrieren erlaubt und keine langen Rücklauf- oder Einstellzeiten benötigt. Auf diesen Punkt wurde bei der Konstruktion des UR 10 ganz besonderer Wert gelegt.

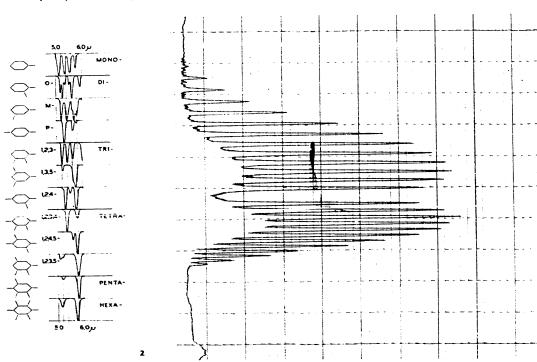
Wesentlich steckt in der Erhöhung der Registriergeschwindigkeit eine Grenze? Da es photographisch empfindliche Schichten für den Spektralbereich von 2 bis 25μ nicht gibt, besteht keine Möglichkeit, das ganze Spektrum gleichzeitig aufzunehmen. Es muß mit einem Strahlungsempfänger abgetastet, registriert werden. Eine hohe Abtast-, also Registriergeschwindigkeit verlangt auch eine entsprechend hohe Schreibgeschwindigkeit, also kleine Einstelldauer und kleine Zeitkonstante des Anzeigesystems, hier des Schreibwerks.

Und eben diese Zeitkonstante kann nicht beliebig herabgesetzt werden. Die im ultravioletten Spektralgebiet für die Messung zur Verfügung stehende Strahlungsleistung ist außerordentlich klein. Sie liegt in den meisten Fällen in der Größenordnung des sogenannten Rauschens des Strahlungsempfängers, einer Störspannung, die ihre Ursache in den statistischen Schwingungserscheinungen des molekularen Elektrons hat und die proportional zum Quadrat der Wellenzahl und der Zeitkonstante des Anzeigesystems ist. Die Störspannung kann also vermindert, das Signal - zu Rauschverhältnis verbessert und damit die Genauigkeit der Aufzeichnung erhöht werden, wenn man ein Anzeigesystem mit größerer Einstelldauer benutzt. Dann muß aber auch entsprechend langsam registriert werden, damit infolge der Trägheit des Anzeigesystems Einzelheiten des Spektrums nicht „überfahren“ werden. Hohe Genauigkeit bedeutet also längsame Registrierung, formelläßig

$$G/\sqrt{R} = \text{const} \quad \text{mit } G = \text{Genauigkeit} \quad \text{und } R = \text{Registriergeschwindigkeit.}$$

Die Fortschreibung nach höherer Genauigkeit und höherer Registriergeschwindigkeit ist also nicht gleichzeitig in beliebigem Maße erfäßbar. Im UR 10 wurde daher ein anderer Weg beschritten, um die Zeit für die Aufnahme des Spektrums abzukürzen. Es ist nämlich durchaus nicht notwendig, die Genauigkeit der Aufzeichnung über den gesamten registrierten Spektralbereich konstant zu halten. In jedem Spektrum gibt es „leere“ Stellen, also Teile ohne oder mit sehr schwachen Absorptionsstellen, wo die Genauigkeit der Aufzeichnung weitestgehend überflüssig ist. Diese Anpassung der Registriergeschwindigkeit an den Inhalt des Spektrums wird nun im UR 10 automatisch besorgt durch den „Verzögerer“: wenn das Signal im Servokreis eine bestimmte, einstellbare Höhe erreicht hat, ein Zeichen für einen Schleppfehler des Anzeigesystems, so tritt der Verzögerer in Tätigkeit und setzt die Registriergeschwindigkeit so weit zurück, daß die einzelnen, wiederholten Einheiten des Spektrums folgen vermögen. Man stellt also zu Beginn der Registrierung eine relativmäßig hohe

Bild 2: Einfluß von Anzahl und Stellung von Substituenten auf das Benzolring auf das UR-Spektrum. Nach (1)

Bild 3: HCl-Absorptionspektrum bei $3,46 \mu$. Aufgenommen mit dem Zeiss-UR-Spektralphotometer

Registriergeschwindigkeit ein; der Verzögerer stellt dann während des Durchlaufs des Spektrums die Registriergeschwindigkeit selbsttätig jeweils auf den optimalen Wert ein. Damit wird die Zeit für die Aufnahme eines Spektrogramms ohne Einbuße an effektiver Genaugigkeit von bis zu 1% herabgesetzt. Das bedeutet, daß die Registriergeschwindigkeit Verzögerer von 30 bis 60 Minuten einen erheblichen Zeitgewinn.

Bei den chemischen Betrieben oft anfallenden Serienaufnahmen ähnlicher Substanzen und bei Reinheitsuntersuchungen werden meist nur einige Absorptionsstellen des ganzen Spektrums zur Analyse benutzt. Es genügt also auch, nur diese Stellen zu registrieren. Das wird durch den etwa hundertteiligen Programmähnler erreicht. Die nicht interessierenden Zwischenstellen des Spektrums werden in wenigen Sekunden durchfahren, ohne registriert zu werden.

Nach Ablauf einer vollständigen Registrierung steht das Gerät wieder in seiner Ausgangsstellung. Zeitverlust durch einen Rücklauf entsteht nicht.

Es ist jedoch — auch während einer Registrierung — möglich, wenige Sekunden den Spalt mit dem „Schnellgang“ ohne Registrierung auf eine beliebige Wellenlänge einzustellen. Der Schnellgang läßt sich in beide Richtungen betätigen, so daß also eine soeben registrierte Stelle sofort wiederholt werden kann.

Mit Verzögerer, Programmähnler und Schnellgang sind alle Voraussetzungen geschaffen, um schnell, jedoch ohne Einbuße an Genaugigkeit, Spektrogramme aufzunehmen.

Außer hoher Genaugigkeit in der Anzeige der Durchlässigkeitswerte ist das Auflösungsvermögen eines Spektralphotometers von Bedeutung. Man verläßt darüber die Fähigkeit des Optikers, die unterschiedlichen Absorptionsstellen noch getrennt wiederzugeben. Das Auflösungsvermögen ist in gewissen Grenzen etwa umgekehrt proportional der Spaltbreite des Monochromators. Von der Spaltbreite ist aber auch die aus dem Monochromator austretende Strahlungsleistung und damit das für die Betätigung des Regelkreises verfügbare Signal abhängig. Wie wir oben gesehen haben, ist andererseits

von der Höhe des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses die Genaugkeit (Ablesegenaugigkeit, Schreibruhe) abhängig. Hier ergibt sich also eine erneute Alternative: Entweder das Auflösungsvermögen bringt bei sehr kleinen Spaltbreiten parametrische Fehler mit, oder es bringt die für die Lortung eines registrierenden Wechsellicht-Spektrophotometers maßgeblichen Größen, Auflösungsvermögen A, Genaugkeit G (Signal-zu-Rausch-Verhältnis) und Registriergeschwindigkeit A_{GR} formalmäßig zusammen, so ergibt sich nach Luft:

$$A_{GR} = \text{const.}$$

Obwohl die Exponenten dieser Beziehung nur als Näherungswerte zu betrachten sind, gibt sie doch einen guten Einblick in die Zusammenhänge. Damit wird auch klar, daß die Spaltbreite, die dem Auflösungsvermögen A in gewissen Bereichen proportional ist, und die Registriergeschwindigkeit in einem sinnvollen Verhältnis stehen und daß beide in weiten Grenzen veränderlich sein müssen. In UR 10 läßt sich die Registriergeschwindigkeit im Verhältnis zu dem Auflösungsvermögen beliebig verändern. Damit kann die Arbeitsweise des Gerätes selbst den extremsten Anforderungen an Auflösungsvermögen und Registriergeschwindigkeit gerecht werden.

Das Spektrum wird von einem eingebauten Schreibwerk eigener Konstruktion aufgezeichnet. Es wird auf unbedrucktem Wachsschichtpapier 100 mm genutzter Breite geschrieben. Da die Reproduzierbarkeit der Durchlässigkeitsangabe ein zehntel Prozent, entsprechend einigen zehntel Millimetern auf dem Papier beträgt, ist der Grundatz gewahrt, daß die Ablesegenaugigkeit nicht mehr als grob die Maßlängenangabe ist. Die zweiten übereinander überdeckten Registerpapiere stellen oft eine leere Vergrößerung dar und stören eine nicht immer vorhandene Genaugkeit vor. Großer Wert bei der Entwicklung des Schreibwerks wurde dadurch darauf gelegt, daß die im optischen, elektrischen und mechanischen Teil erzielte hohe Genaugkeit bis zur Aufzeichnung erhalten bleibt. Bei vorgedruckten Registerpapieren besteht besonders bei Bandschreibern die Gefahr, daß infolge Schrumpfen des Papiers, nicht geraden oder unregelmäßigen Ablaufs oder ungenauen Einlegens die registrierten Werte mit dem Verdruk nicht übereinstimmen. In das UR 10 wird daher unbedrucktes Papier eingelegt und die Abmessung (Wellenlänge, in Richtung des Papierablaufs) und die Ordinatenstellung und deren Beschriftung (Durchlässigkeitsprozente, Papierbreite) vom Schreibwerk selbst aufgebracht. Das Koordinatensystem steht also mit dem Schreibwerk und dadurch mit dem Schreibstift in fester Lagebeziehung. Aufgrund großer Genaugkeiten der optischen Teile kann damit erreicht werden, daß auch eine häufige Registrierung des Papierablaufs und damit der Aufzeichnungsmastil „5“, d.h. vierwöchentlich, ohne daß neue Vordrucke eingelegt werden müßten. Die im Ultrarotpektrum bestehende aus Steinäz und Kaliumbromid. Diese Substanzen sind hygroskopisch, daß polierte Flächen an freier Luft in wenigen Stunden beschlagen und in einigen Tagen völlig unbrauchbar werden. Der Monochromator ist daher mit einem luftdichten Kasten eingebaut, der einen Luftpumpe zum die eingeschlossene Luft umgedreht und hält die Gerätetemperatur konstant auf 35°C. Dies reicht bedeutende Temperaturkoeffizient der Brechzahl der Prismen bleibt damit ohne Einfluß auf die Genaugkeit der Wellenlängenanziege.

Auf die große Zahl der Probleme optischer und elektronischer Art kann in diesem kurzen Aufsatz nicht eingegangen werden. (3). Auch eine ganze Reihe automatischer Einrichtungen wurde nicht besprochen.

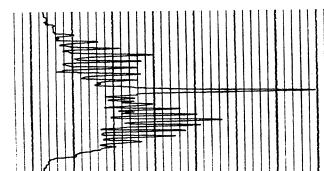
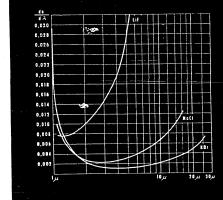


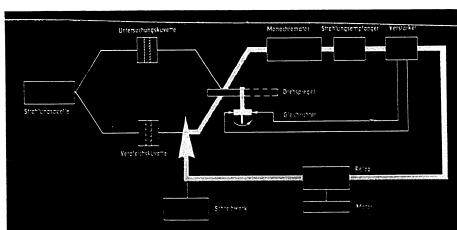
Bild 4: Dispersion von Lithiumfluorid, Steinäz und Kaliumbromid • Bild 7: Ultrarotspektrum von Ammonia bei 3.0. Rechts oben mit Steinäz, links unten mit Lithiumfluoridprisma aufgenommen. In beiden Fällen gleiche Registriergeschwindigkeit. (Koordinatenlinien durch die Reproduktion verbreitert)

maßigen Ablaufs oder ungenauen Einlegens die registrierten Werte mit dem Verdruk nicht übereinstimmen. In das UR 10 wird daher unbedrucktes Papier eingelegt und die Abmessung (Wellenlänge, in Richtung des Papierablaufs) und die Ordinatenstellung und deren Beschriftung (Durchlässigkeitsprozente, Papierbreite) vom Schreibwerk selbst aufgebracht. Das Koordinatensystem steht also mit dem Schreibwerk und dadurch mit dem Schreibstift in fester Lagebeziehung. Aufgrund großer Genaugkeiten der optischen Teile kann damit erreicht werden, daß auch eine häufige Registrierung des Papierablaufs und damit der Aufzeichnungsmastil „5“, d.h. vierwöchentlich, ohne daß neue Vordrucke eingelegt werden müßten. Die im Ultrarotpektrum bestehende aus Steinäz und Kaliumbromid. Diese Substanzen sind hygroskopisch, daß polierte Flächen an freier Luft in wenigen Stunden beschlagen und in einigen Tagen völlig unbrauchbar werden. Der Monochromator ist daher mit einem luftdichten Kasten eingebaut, der einen Luftpumpe zum die eingeschlossene Luft umgedreht und hält die Gerätetemperatur konstant auf 35°C. Dies reicht bedeutende Temperaturkoeffizient der Brechzahl der Prismen bleibt damit ohne Einfluß auf die Genaugkeit der Wellenlängenanziege.

Auf die große Zahl der Probleme optischer und elektronischer Art kann in diesem kurzen Aufsatz nicht eingegangen werden. (3). Auch eine ganze Reihe automatischer Einrichtungen wurde nicht besprochen.

Wer einmal ein Ultrarotspektrum nach dem alten Ausschlagsverfahren durch punktweises Ausmessen des Spektrums gewonnen hat, weiß die Vorteile eines automatischen und registrierenden Gerätes zu schätzen. Waren doch dazu ein- bis zweitausend Einzelablesungen an einem Höchstgradempfänger erforderlich. Mit dem UR 10 kann man nun gegen die Inkonsistenz der Lichtquelle und gegen vagabundirende Fehlerquellen vorgehen. Was damals in ein- bis zweitägiger mühsamer Arbeit aufgenommen wurde, wird heute in einer Stunde registriert. Dabei geht die Automatisierung so weit, daß nach Einstellen der gewünschten Aufnahmedaten, das Gerät ohne jede weitere Bedienung das Spektrum aufnimmt, sich danach selbsttätig abschaltet und ein akustisches Signal gibt. So können während eines arbeitsintensiven Arbeitstages zehn bis zwanzig Spektrogramme aufgenommen werden. Gegenüber der Registratur selbst ist die Zeit für die Vorbereitung der Substanzen und das Füllen und Reinigen der Küvetten nicht zu vernachlässigen. Die Auswertung der Registraturstufen nimmt — Serienuntersuchungen ausgenommen — weit mehr Zeit als die Registratur in Anspruch. Hierfür setzen sich maschinelle Hilfsmittel durch, so Hollerithmaschinen für die Katalogisierung und Identifizierung von Spektren und automatische Rechenanlagen zur Auflösung von Gleichungssystemen bei Mehr-Komponentenanalysen. Auch die Ultrarotspektroskopie ist kein Zaubermittel. In einem modernen Labor hat sie ihren sinnvollen Platz neben den

Bild 4: Blockschema des UR 10



selbstverständlich unersetzbar sind rein chemischen Methoden, neben der Raman-Spektroskopie und der Massenspektrographie.

Das Zeiss-Ultrarot-Spektralphotometer UR 10 ist das am weitesten automatisierte Gerät seiner Gattung auf dem Weltmarkt. Seine Aufstellung ist volkswirtschaftlich nur vertretbar in einem Labor mit wohl durchdachtem Arbeitsablauf und qualifizierten Mitarbeitern, damit es unter Ausnutzung aller seiner Möglichkeiten pausenlos eingesetzt werden kann. Auch hier bedeutet Automatisierung nicht Ersatz des Menschen, sondern Entlastung von primitiven zugunsten anspruchsvoller Arbeiten.

(Dieser Beitrag wurde als Erstdruck in Nr. 7/1956 der Zeitschrift „Die Technik“, VEB Verlag Technik, Berlin W 8, veröffentlicht.)

Literatur:

- Zusammenfassend: W. Brügel, Einführung in die Ultrarotspektroskopie, Darmstadt 1954.
- (1) W. G. Young, R. B. Du Vall, N. Wright, Anal. Chem. **23** (1951) 709.
- (2) K. F. Luft, Angew. Chemie **61** (1947).
- (3) H. M. Bolz, Bericht Arbeitstagung „Angewandte Physik“ Akadem. Verlagsgesellschaft, 1955, S. 65—68.

Zeiss-Dokumator-System

Rudolf Wendel

Die für alle Wissenschaftsbereiche und ständig wachsende Literatur erforderte zu ihrer Erfassung und methodischen Auswertung eine einmühle, den zu stellenden Aufgaben entsprechende material- und raumsparnde Lösung. Zum Beispiel ist es notwendig, daß Dokumente aller Art, wie Bücher, Zeitschriften, Normblätter, Zeichnungen, Abbildungen um anderes Material gesammelt und geordnet werden, um diese verwiefältigt bei möglichst geringem Raumbedarf auf Anforderung zur Verfügung stellen zu können. Die folgerichtige Lösung dieser Aufgabe ist die Entwicklung eines Dokumentenaufnahmegerätes, das der Herstellung von technisch einwandfreien Mikrobildern d. h. der verkleinerten Wiedergabe von Schrift- und Bildgut auf photographischem Wege dienten. Die hochwertigen optischen Systeme und die modernen Emulsionen bilden die Voraussetzung hierfür. Als Träger des Mikrobildes wird vor allem der Film 35 mm verwendet (Dokumentenfilm). Wird er in Rollenform benutzt, häuft ihm eine gewisse Unhandlichkeit an. Ein relativ kurzer Stoff erfordert mehrere Wechseln der Filmrolle, was einen längeren Strom nicht genügend knickstet ist, um ihn in Schutztaschen einzulegen. Der Zehnertreifen des Dokumator-Systems erfüllt diese Forderung. Damit basiert das Dokumator-System auf einer Zehner- bzw. Fünferteilung je Filmstreifen. Diese Teilung ist markant für dieses System und stellt eine in der Praxis bewährte Lösung dar.

Das Dokumator-System, auf Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit aufgebaut, umfaßt folgende zur Dokumentation erforderliche Geräte:

- Dokumentenaufnahmegerät DA II (DIN A 6 bis DIN B 3),
- Dokumentenaufnahmegerät DA IV (DIN A 6 bis DIN A 1),
- Dokumator-Lesegerät,
- Dokumator-Mikrobuch.

Mit diesen Geräten und Zusatzeinheiten ist die Lösung aller von der Praxis gestellten Aufgaben möglich, insbesondere erfüllen sie folgende drei Forderungen, die im wesentlichen das Kernproblem der modernen Dokumentation bilden.

1. Schrift- und Bildgut auf Dokumentenfilm zu reproduzieren; Dokumentator-Aufnahmegerät;

2. den gewonnene Film auf engstem Raum zu archivieren; Dokumator-Mikrobuch;

3. und rationell auszuwerten; Dokumator-Lesegerät.

Dokumentenaufnahmegerät DA II (Bild 1).

Dieses auf 35-mm-Dokumentenfilm basierende Universalgert wird für nahezu alle in der Praxis vorkommenden Arbeiten verwendet. Seine solide Ausführung entspricht allen gestellten Anforderungen. Es bewährt sich vor allem dort, wo schnelles Arbeiten erforderlich ist. Bei maximaler Belastung beträgt die Aufnahmekapazität bis zu 400 bis 450 Aufnahmen pro Stunde. Die Bedienung des Gerätes ist einfach und kann in kurzer Zeit — auch ohne technische Vorkenntnisse — erlernt werden.

Die Aufnahmekamera — mit einem Spezial-Objektiv Dokumentenfokus 1:3,5 = 25 mm (T-Balig) — erlaubt Aufnahmen im Baumaßstab 1:7,5 bis 1:25 auf Vierlagen der DIN-Folienrolle A bis B 3 auf perforiertem Dokumentenfilm 35 mm.

An der Kamera befinden sich Auf- und Abwicklkassette für je 50 m Film, der z. B. für die Aufnahme von ca. 4800 Buchseiten DIN A 5 ausreicht. Doppelbelichtungen werden von einer eingebauten Sperré verhindert. Eine Signallampe zeigt den ordnungsgemäßen Ablauf des Belichtungsvorganges und das Filmdende an. An einer Zähl scheibe kann die Zahl der erfolgten Aufnahmen auf Zehnerstufen abgelesen werden.

Der Film wird auf einem mechanisierten verstellbaren Andruckrahmen festgehalten. Der Andruckrahmen sorgt für einwandfreie Planlage der aufzuhemmenden Vorlage. Der Nummernträger ermöglicht die Kennzeichnung der einzelnen Aufnahmen am Filmende. Damit ist die Registrierung des gewonnenen Aufnahmematerials nach der Dezimal-Klassifikation gewährleistet. (Näheres siehe Dokumator-Mikrobuch.)

Die Belichtungsuhr kann für Zeiten von 0,1 bis 60,0 Sekunden eingestellt werden. Am Voltmeter können unter Umständen

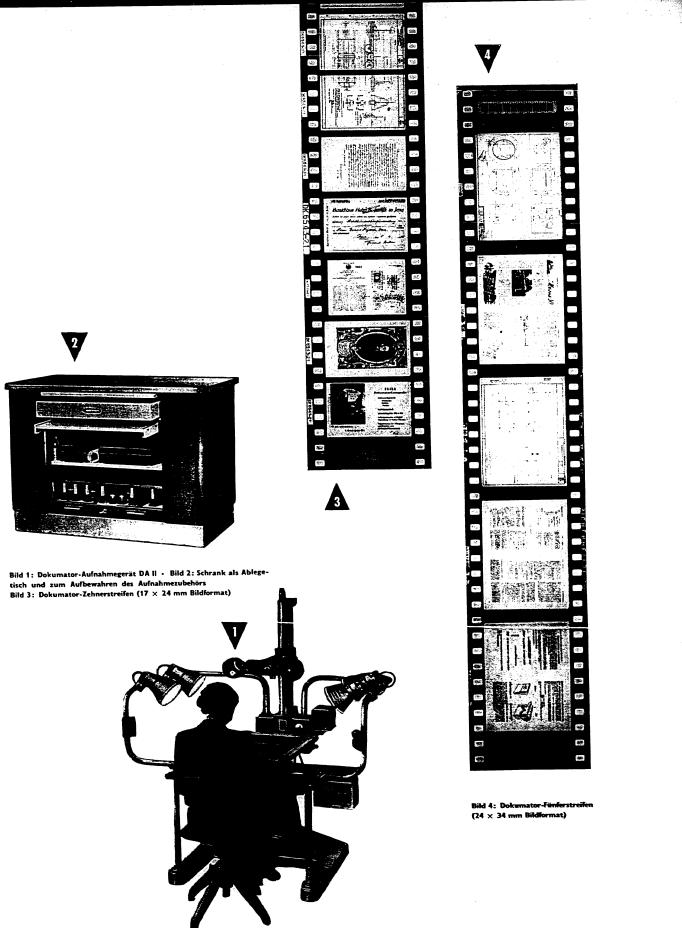


Bild 1: Dokumator-Aufnahmegerät DA II – Bild 2: Schrank als Ablage-
stelle und zum Aufbewahren des Aufnahmegeräts
Bild 3: Dokumator-Zehnertreifen (17 x 24 mm Bildformat)

Bild 4: Dokumator-Finderstreifen
(24 x 34 mm Bildformat)

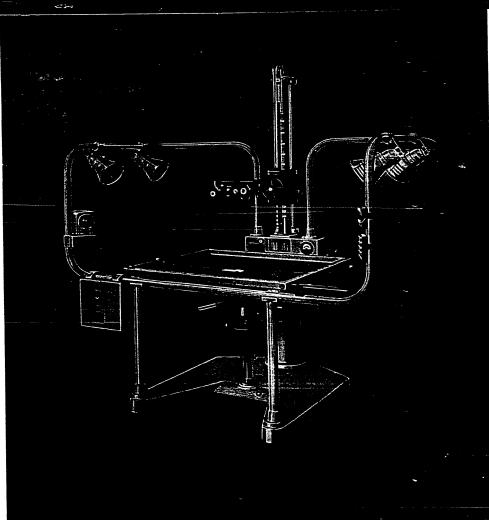


Bild 5: Dokument-Aufnahmegerät DA IV

entstandene Spannungsschwankungen abgestellt und über einen Regelfahrer kompensiert werden. Die vorausberechnete Arbeitszeitdauer von 120 V kann damit konstant gehalten werden. Zur Beleuchtung der Objekt ebene dienen vier Lampen 220 V 100W, in Verbindung mit Reflektoren. Das Gerät ist für Anschluß an 220 V Wechselstrom vorgesehen. Auf Wunsch werden die Geräte auch für Anschluß an 110 V Wechselstrom bzw. 220 V oder 110 V Gleichstrom geliefert. In dem zur Grundausstattung gehörenden Rollschrank (Bild 2) können alle Zubehör- und Ergänzungsteile, Arbeitsunterlagen u. a. griffbereit und staubgeschützt aufbewahrt werden. Eine Weiterentwicklung des Gerätes befindet sich in Vorbereitung. Sie entspricht im wesentlichen dem nachstehend beschriebenen Modell DA IV.

Dokument-Aufnahmegerät DA IV (Bild 5).

Der prinzipielle Aufbau dieses Gerätes entspricht dem bewährten Modell DA II. Die Aufnahmeformate betragen:

- 24 × 34 mm für DIN A 1 bis DIN A 4.
- 17 × 24 mm für DIN A 3 bis DIN A 6.
- Man erhält also auf einer Dokumententafel: entweder 10 Aufnahmen, 17 × 24 mm (Bild 3), oder 5 Aufnahmen 24 × 34 mm (Bild 5).

Zur Herbstmesse 1954 als Weiterentwicklung des Dokumentatorsystems vorgestellt, erfreute sich dieses Modell reger Nachfrage, so daß die ersten Serien schnell verkauft waren. Der eingeschlagene Weg — automatischer Filmmtransport, motorische Höhenverstellung der Kamera — erwies sich als richtig. Die Erkenntnis, die Bedienung weitgehend zu automatisieren, führte zum neuen Modell DA IV. Dieses wurde anlässlich der Frühjahrsmesse 1956 gezeigt. Die wichtigsten Merkmale dieser neuen Ausführung sind:

- 1. verbessert automatischer Filmtransport;
- 2. automatische Objektiveinstellung (Fokusierung) in Verbindung mit der motorischen Kamera-Höhenverstellung;

3. automatisches Öffnen der Andruckplatte nach jeder Belichtung;

4. wahlweise Bedienung durch Hand- oder Fußschalter (Auslösen der Belichtung) oder

5. — bei Einstellung von Dauerbetrieb — automatische Auslösung der Schaltung nach Schließen der Andruckplatte.

Diese Charakteristika des als nahezu vollautomatisch anzusprechenden Gerätes vereinfachen die Bedienung auf ein Minimum. Da damit verbundene Erhöhung der Aufnahmekapazität bei gleichzeitiger Minderung der physischen Belastung der Bedienungsperson führen zu einer Steigerung der Arbeitsintensität. Das Gerät ist mit einem Speziallicht für den Dokumentar-Lesegerät bestückt, das sich wie alle Objektive dieser Reihe, durch seine gute Detailwiedergabe auszeichnet. Die Höhenverstellung der Kamera erfolgt automatisch über drei Drucktaster, die sich auf der oberen Seite des Schaltkastens befinden. Mit der Auf- bzw. Abwärtsbewegung der Kamera erfolgt die automatische Fokussierung des Objektivs. Das richtige Einfahren der Kamera — den Strichmarken der zwei DIN-Formatskalen entsprechend — ermöglicht einwandfreie Aufnahmen. Damit sind Bedienungsfehler praktisch unmöglich.

Das Auslösen der Aufnahme erfolgt wahlweise durch Hand- oder Fußschalter, um Ermüdungserscheinungen zu vermeiden. Außerdem hat die Bedienungsperson — bei Fußschaltung — beide Hände für Vorlagenwechsel frei. Dadurch werden höhere Aufnahmekapazitäten erreicht.

Sobald die Belichtung erfolgt ist, öffnet sich der Andruckrahmen automatisch. Bei Einstellen der Druckplatte auf Dauerbelichtung wird die Andruckplatte nicht geschlossen. Der Andruckrahmen ausfällt. Die Tätigkeit der Bedienungsperson beschränkt sich praktisch nur auf das Umlegen — zum Beispiel der Seiten eines Buches — und das Schließen des Andruckrahmens. Alle sonstigen Vorgänge werden automatisch ausgelöst.

Das Aufnahmeformat wird von der Größe der aufzunehmenden Vorlage bestimmt. Während DIN A 1 und DIN A 2 grundsätzlich auf Format 24 × 34 mm und DIN A 5 und DIN A 6 grundsätzlich auf Format 17 × 24 mm aufgenommen werden, hängt die Wahl der Formate bei DIN A 3 und DIN A 4 von der Vorlage ab. Zweckmäßig wird die detaillierte Vorlage auf Format 24 × 34 mm, die übrige dagegen auf 17 × 24 mm aufgenommen. Einstellung erfolgt durch Schieben. Der Wunsch nach dem Übersetzen der Vorlagen bis zum Format DIN A 1 reproduziert, ist damit verwirklicht. Vor allem der Industrie ist damit die Möglichkeit gegeben, Zeichnungen zu archivieren und auf diese zurückzugreifen, wenn die Originale in Verlust geraten oder durch andere Einwirkungen unbrauchbar geworden sind.

Das Dokumentar-Lesegerät (Bild 6) dient vor allem zum Lesen und Auswerten der mit dem Dokument-Aufnahmegerät hergestellten Zehler- bzw. Fünferstreifen. Es gestattet aber auch das Lesen und Auswerten von Rollfilm 35 mm sowie von Planfilm 90 × 120 mm. In Verbindung mit der Bildbandführung (für 16 mm können auch 16-mm-Dokumentenfilme betrachtet werden).

Bei der Entwicklung dieses Gerätes wurde größter Wert auf bequeme Arbeitsmöglichkeit und zweckmäßige Ausführung gelegt, da langes Lesen von Mikrofilmen nicht ermüden soll. Eine hochklappbare Lichtschutzhülle schirmt jedes störende Nebenlicht ab, so daß das Gerät überall — auch bei Tageslicht — eingesetzt werden kann. Die Übertragung des Lichtes erfolgt durch einen Projektionsrohrstrahl, der einen um 45° geneigten Winkel im hohen Reflexionsvermögen. Die Leistung beträgt 305 × 390 mm. Die projizierten Bilder sind von großem Kontrastreichtum und äußerst gleichmäßiger Helligkeit und Schärfe. Die bei der Mattscheibenprojektion üblichen Ermüdungserscheinungen entfallen daher bei Verwendung des Dokumentar-Lesegerätes. Ein Speziallicht mit Höhenverstellung erlaubt die Aufstellung des Gerätes der Körpergröße des Lesenden anzupassen.

Bild 7 zeigt eine Strichzeichnung über den Strahlengang des Lesegerätes bei Lesestellung.

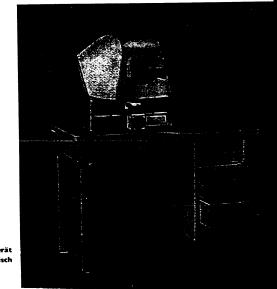


Bild 6: Dokumentar-Lesegerät mit Speziallicht

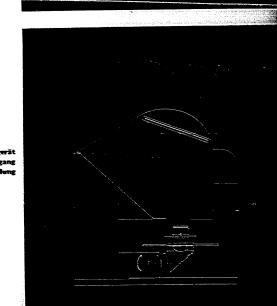


Bild 7: Dokumentar-Lesegerät — Strahlengang bei Lesestellung

Im Sommer 1953 wurde ein Dokumator-Lesegerät anlässlich einer Expertenkonferenz, die in Verbindung mit der „Association Française de Normalisation“ in Paris stattfand, vorgestellt. Das Urteil darüber lautete: „Das Lesegerät hat allgemein sehr gefallen. Besonders gelobt wurden die Helligkeit und die Rand schärfe. In dieser Hinsicht übertrahlt es alle zweifellos alle anderen herkömmlichen Dokumentarischen Geräte.“ Polykolor Spaltprojektion sowie Zusatz- und Ergänzungseinheiten erweiterten eine vielseitige Anwendungsmöglichkeit des Lesegerätes: Dokumar, 2,8/35 mm mit Kondensorlinse für Format 17 × 24 mm 17fache Vergrößerung, Dokumar 2,7/50 mm mit Kondensorlinse Format 24 × 36 mm 10,5fache Vergrößerung, Biatar 1,4/20 mm mit Kondensorlinse für 35 mm, für Formate bis 14 × 14 mm ca. 30fache Vergrößerung (wird zur Zeit nur auf besonderen Kundenwunsch gefertigt).

Zweifachträger mit Glästasche dient für das Lesen der Zehner- und Fünferstreifen. Für das Auswerten der Filme im Format 80 × 80 mm steht Planfilmträger mit Glästasche zur Verfügung.

Mit der Dia-Einrichtung können Dias (Glasbilder) im Format 5 × 5 cm projiziert werden, wahlweise im Hoch- und Querformat.

Der Projektionsspiegel gestattet die Verwendung des Lesegerätes als Projektionsgerät, so daß mehrere Personen zu gleicher Zeit das projizierte Bild betrachten können. Als weitere Zusatzeinheiten stehen die Bildbandführung für 30 m Normalfilm 35 mm sowie die Bildbandführung für 30 m Schmalfilm 16 mm zur Verfügung.

Das Lesegerät ist für den Anschluß an 220 V Wechselstrom vorgesehen. Die Spannung an der Lichtzweiflame 12 V 50 W wird auf diese Nennleistung herabtransformiert. Auf Kundenwunsch können die Geräte auch für den Anschluß an 110 V

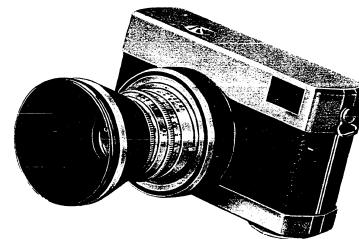
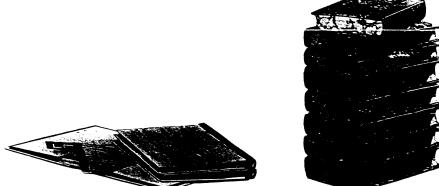
Wechselstrom bzw. 220 V oder 110 V Gleichstrom eingerichtet werden.

Das **Dokumator-Mikrobuch** wird der Forderung nach einer übersichtlichen und zugleich raumsparenden Archivierung in jedem Falle gerecht. Es besteht aus dem Umschlag und der Schuppenkarte im Format DIN A 5 und dient zum Einordnen und Aufbewahren der Zehner- bzw. Fünferstreifen. Je nach Wahl des Benutzers kann die Schuppenkarte für die Aufbewahrung von 10 oder 15 Filmstreifen geliefert werden. Von bekanntem basiert das Dokumator-System auf der Zehnerteilung im Bildformat 17 × 24 mm bzw. Fünfterteilung im Bildformat 24 × 34 mm.

Die ersten beiden, bzw. fünften Aufnahme erfolgt — bei „unterbrochenem“ Betrieb — eine Leerschaltung. Nach der Entwicklung werden diese durchschnitten und es entsteht jeweils an beiden Seiten des Streifens ein halbes Leerfeld zum Anfassen. Die Länge jedes Streifens beträgt 210 mm und entspricht dem Format DIN A 5. Da jede Aufnahme auf dem Bildstreifen zwischen Filmrand und Perforation zwangsläufig mit einer Kennziffer versehen wird, ist damit die Grundlage für eine übersichtliche Archivierung nach der Dizimal-Klassifikation geschaffen.

Diese erleichtert das Ordnen und Archivieren sowie Wiederauffinden aller abgelagerten Filmstreifen. Wie raumsparnd das Dokumator-System arbeitet, zeigt eindrucksvoll die Gegenüberstellung von acht Bänden mit 480 Seiten, die in drei Mikrobüchern archiviert werden.

Die vorstehenden Ausführungen vermitteln einen Überblick über das Zeiss-Dokumator-System. Sie zeigen, wie vielseitig diese Geräte in der Praxis eingesetzt und verwendet werden können, unter besonderer Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit.



Von der Zeiss-Kleinbildkamera Werra

Die hunderttausendste „Werra“ verließ am 28. November 1956 das Werk

Den Amateuren in aller Welt stehen eine Vielzahl von Kleinbildkamera-Typen zur Verfügung. Wenn dennoch das Zeiss-Kleinbildkamera-Modell in seiner Geschichte die Entwicklung und Herstellung einer einfachen und kostümlichen Kleinbildkamera selbst in Angriff nahm, dann waren dafür die Beobachtung und die Feststellung entscheidend, daß die meisten vorhandenen Kleinbildkamera-Typen nur selten oder unvollkommen einige besondere Wünsche und Forderungen weiter Kreise der Amateure berücksichtigen. Sorgfältige Analysen der vorhandenen Kleinbildkamera-Typen und der Wünsche der Amateure führten bei der Entwicklung der „Werra“ zur Beachtung und Verwirklichung folgender Gesichtspunkte und Forderungen für ihre Konstruktion:

kleine, handliche Abmessungen — geringes Gewicht — zweckbedingte Form und Farbegebung — Ausschaltung aller komplizierenden Bedienungsgriffe — optimale Platzage des Films — stabiler Aufbau zur besten Ausnutzung der Hochleistungsoptik und dadurch Sicherung höherer Bildqualität — Sicherung weiterer Bildaufnahmehälften — Schutz des Objektivs gegen Schlag und Feuchtigkeit — Möglichkeit strapazierfähiger Benutzung ohne Ledertasche.

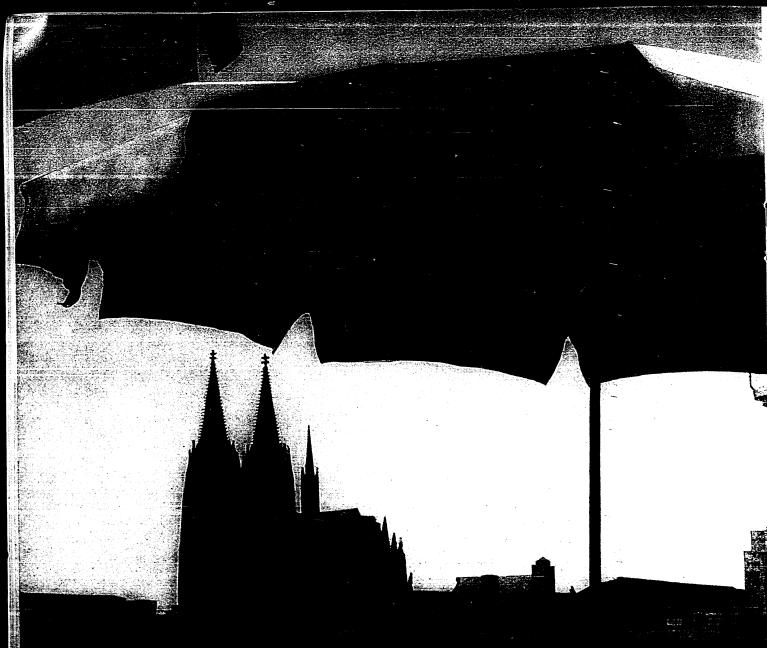
Damit waren in wesentlichen die Bedingungen festgelegt, die erfüllt werden mußten, um eine neuartige Kleinbildkamera zu bringen, die unter der Vielzahl bereits bestehender Kameratypen neue Merkmale und überzeugende Vorteile hat.

Eine Kamera, die nach solchen Gesichtspunkten zu konstruieren war, mußte von vornherein besonders die Form-

gebung berücksichtigen. Je einfacher ein Gerät in seinem Aufbau wird, um so gewissenhafter müssen die Proportionen, um so abgestimmt die Form festgelegt werden. Es war deshalb wichtig, daß die Verhältnisse des Kamerasbaues unter weitestgehender Berücksichtigung des goldenen Schnittes durchgeführt wurden. Alle anderen Wünsche hatten sich diesem einen Gedanken unterordnen. So entstand die glatte, zweckgebundene, wohlgegewogene Form, die aufgrund der den neuartigen Objektivschutz und die zweckmäßige Lösung des Aufzugsringes noch unterschiedlicher wurde.

Damit waren im wesentlichen Voraussetzungen geschaffen, den technisch wenig versierten Benutzern die Schie vor der Bedienung eines Photapparates zu nehmen. Bei der Erfüllung dieser Forderung wurde gleichzeitig beachtet, daß die Kamera lackfrei, also witterfest und verschleißfest dem Benutzer in die Hand gegeben wird. Eine Gelenkvorrichtung für die Formung des Gehäuses und die Gelenkvorrichtung für die aufklappenden an Stelle der Lederbezüge ein fest aufgebrachter harter kratzfester Kunststoff verwendet wurde, der durch sinnvolle Farbgebung die Strapazierfähigkeit bei voller Berücksichtigung einer feinen Farbastimmung ermöglicht.

Außerdem wurde durch die doppelte Funktion der Schutzkappe, die gleichzeitig als Gegenlichtblende verwendet wird und durch die sinnvolle Durchdringung aller Detektoren, daß Grün-, Gelb- und Rottöne sind an den Schiebern aufgeschraubt, die entsprechende Belichtung der Kamera erreicht, so daß die Kamera gleichzeitig alle die Bedingungen erfüllt, die heute an eine Kleinbildkamera gestellt werden.



 ie Werra:

Stabile Bauart, verschleißfeste,

lackfreie Oberfläche,

einfachste, funktionsgerechte

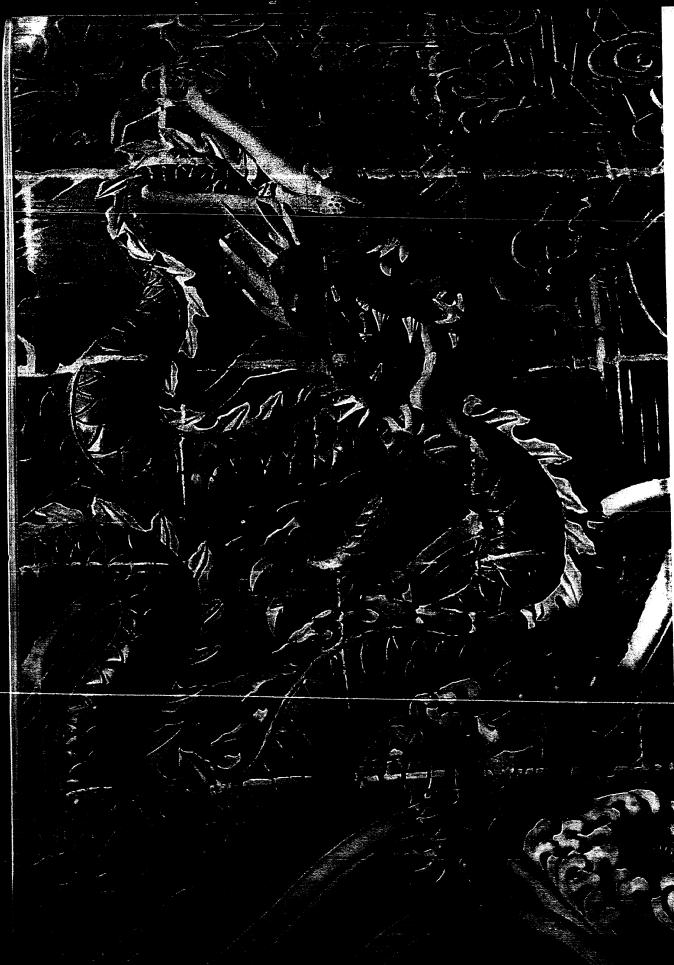
Handhabung, zweckmäßig

in Form und Farbe,

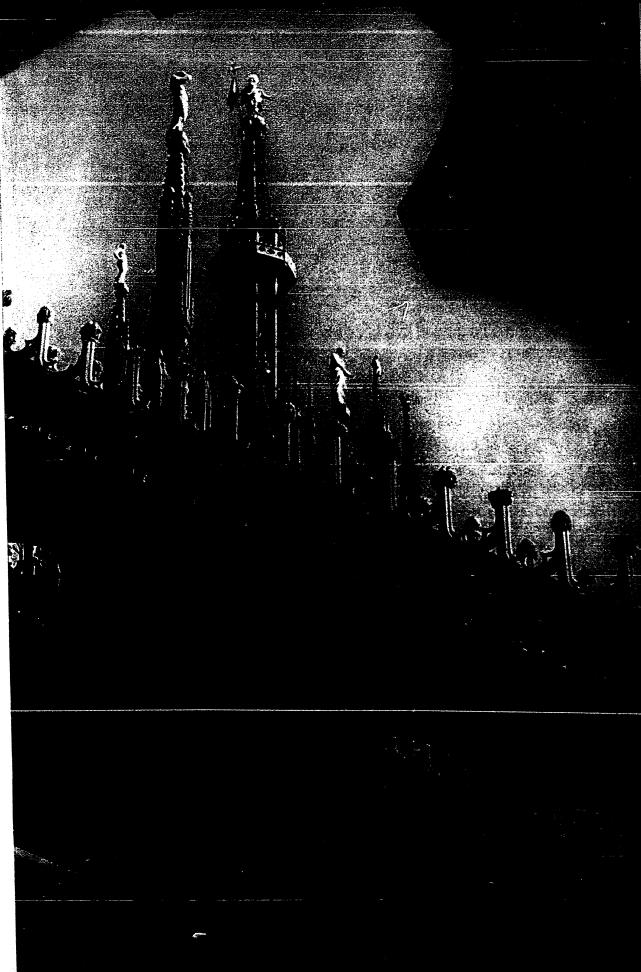
leistungsstark durch Objektiv

und neuartige Filmlage *

* Drei Bilder mit der Werra beweisen ihre Leistungsfähigkeit



Ausschnitttaus der berühmten Drachenmauer in Peking



Südo斯特giebel des Mailänder Doms vom Domplatz aus

müssen, nämlich Blitzkontakt, Rückspuleinrichtung, Filmzählwerk und sinnvoll angebrachte Eingriffseinrichtung, die man als Schnellauflauf werten muß, hat die Kamera in breitesten Kreisen schnell Eingang finden lassen.

Heute, nach Lieferung der hunderttausenden „Werra“ kann gesagt werden, daß mit dieser kleinen geschmackvollen Kamera mit neuem Gesicht, eine Kamerareihe in Angriff genommen wurde, die besonders neuen Amateuren, insonderheit den Frauen und der Jugend, schnell den Weg zur Photographie ebnen und durch die gute Bildqualität der Photographie schnell neue Anhänger zuführen wird.

Dadurch, daß die Kamera ständig ausgebaut wird, wird auch den ständig steigenden Ansprüchen der neuen Photographen Rechnung getragen und ihnen die Möglichkeit gegeben, auch schwierigere und anspruchsvollste Aufgaben in der Photographie meistern zu können.

Im Urteil ihrer Benutzer ist festgestellt, die „Werra“ bereits einen hohen Rang in der Zurechnung und Anhänglichkeit erworben. Beim Auswählen uns vorliegende, mit der „Werra“ aufgenommene Fotos zeugen von der Qualität und Funktions tüchtigkeit der Kamera, auch in den Händen noch wenig erfahrener Amateure.

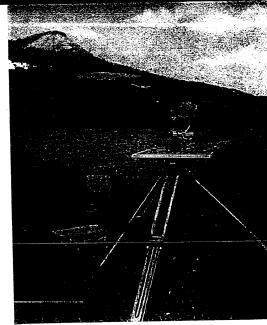


Bild 1: Topograph bei der Arbeit



Bild 2: Luftaufnahme

Photogrammetrische Geräte aus Jena

Horst Schöeler

Von jeher hat der Mensch versucht, sich ein Bild von seiner Umwelt zu schaffen. Und je mehr Ordnung er in diese Umgebung hineingebracht, um so höher stand die kulturelle Entwicklung. Wohl reicht der menschliche Geist ein solches Gebäude seiner Welt aufzubauen, aber zum Festhalten dieses Gebäudes und zur Vorstellung solcher Konstruktionen braucht der Mensch das Abbild oder das Modell. Dieses gilt, insbesondere für das Große und das Kleine. Ein Quadratmeter ist eine vorstellbare Einheit, etwa die Fläche eines gewöhnlichen Zimmermittels. Aber bereits ein Morgen oder ein Hektar sind Größen, die wir im allgemeinen nicht umschreibend erraten können, eben erst vorstellen, wie viel Zeit dieser Bereich am diesen Land umzufliegen, Seufzendeutlichen“ Maße wie Tagesreisen und Marschstunden waren ja in früheren Zeiten in der Tat auch das einzige Mittel rasche Entfernung einigermaßen vorstellbar zu machen. Sehr viel schwieriger ist jedoch die Erfassung des Zweidimensionalen, der Fläche. Der Versuch, sie auch nur annähernd durch die Länge ihrer Umrisslinie darzustellen, ist ein untaugliches Verfahren und hat ja in der Tat auch zu beachtlichen Fehldeutungen geführt.

Hier hilft die Karte und der Plan, das verkleinerte vereinfachte Abbild der Erdoberfläche. Wie wir uns heute fast gewöhnt haben, ist dieses Hilfsmittel, die Karte, eine der wesentlichsten kulturellen Leistungen. Sie bringt uns eine immense Erweiterung unseres Horizontes. Gleichnamig vom immer höheren Warte aussehen wir die Zusammenhänge uns her. Und wenn wir uns die Karte eines Erdeiles oder der Erde überhaupt ansehen, so sind wir der technischen Möglichkeit einer solchen Gesamtheitsschau weit vorausgezett.

Die Bedeutung eines solchen Hilfsmittels für die Weiterentwicklung einer menschlichen Kultur und des technischen Fortschrittes ist überzeugend. Und das Bild unserer Welt im Ganzen heute durch Karten festgehalten; es gibt keine unbekannten Zonen und „weißen Flecken“ mehr. Der intensive

Erforschung unserer Welt folgt nun die extensive Durchmessung. Und auch hier dient dieses überschaubare Abbild der Erde als Grundlage jeder Organisation. Schon über spannungsweite Triangulationsnetze und Bezugspunkte einen großen Teil der Erde und gestatten damit die Registrierung eines beliebigen Standortes mit hoher Genauigkeit. Aber sowohl in diesen hochkultivierten wie in den unterentwickelten Teilen unserer Welt steigt von Tag zu Tag das Bedürfnis nach Karten. Sei es die Planung eines Industriekombinates in Europa oder die Erfassung riesiger Tropenwälder, beides ist nicht zu lösen ohne die Karte.

Obwohl die geographische Vorstellungen von unserem Wissen, besonders jedoch von dem was uns über unsere Erde bekannt ist, Wohl gibt es auf dem Globus keine „weißen Flecken“ mehr, aber solche Abbilder sind für die intensive Erforschung unzureichend. Hierzu benötigen wir Kartenunterlagen eines weit größereren Maßstabes, in denen wir Straßen, Bahnen und Kanäle projizieren und einzeichnen und denen wir unsere Erkundungen wie Erzläger, Petroleumquellen, Kohlenlizenzen u. a. registrieren können. Solche Kartenunterlagen sind nur von einem kleinen Teil der Erdoberfläche vorhanden. In der restlichen Erdoberfläche fehlt ein überschappendes Bild. Nur für 25% der Erdoberfläche existieren Karten mit einem Maßstab 1:250000 und größer und nur 20% der Erdoberfläche sind durch topographische Karten darstellungen gedeckt. Dassind Ergebnisse die auch mancher Fachmann nicht vermutet hätte. Vieles bleibt also noch zu tun. Aber die konventionellen Verfahren der Kartenherstellung werden nur zu einem kleinen Teil zur Erfüllung dieser riesigen Aufgaben beitragen können.

Dam Topographen und die Schule blieben zur Erweiterung des erweiterten Horizontes nur die erhöhten Überseestandorte, von denen aus erstmals Kartenfelder aufzubauen und vervollständigen konnte. Der Vermessungsingenieur unserer Tage benutzt den künstlichen „Flugstandort“ und nimmt mit seinen photographischen Meßkammern im Bruch-

teil einer Sekunde ein Vielfaches dessen auf, was der Topograph in mühevoller Kleinarbeit an dem Meßblatt festhielt. Das Licht selbst schafft die Abbildung des Bodens.

In fast allen Fällen der Entwicklung entstand die moderne Luftaufnahme mit der die Kartenherstellung, einen industriellen Fabrikationsprozeß gleichkommend, heutzutage mechanisiert und automatisiert wird. Optiker und Konstrukteure traten dem Feldmesser der alten Schule zur Seite und gaben ihm ausgereifte Maschinen in die Hand, mit deren Hilfe die Kartenherstellung revolutionierend umgestaltet werden konnte.

Seit über 50 Jahren nehmen photogrammetrische Geräte aus Jena ihren Weg in alle Welt. Mitgebende Wissenschaftler, wie C. Pütter, C. Götsche und R. Huctusse, haben von hier aus diese neue Wissenschaft, die Photogrammetrie, mit ihren Arbeiten maßgebend beeinflußt. Nachdem die Spuren des zweiten Weltkrieges in den Jenauer Werkstätten beseitigt und die notwendigen Voraussetzungen für eine derartige Fertigung wieder gegeben waren, verlassen nun seit einigen Jahren wieder bewährte Gerätetypen die Montagewerkstätten.

Das ist zunächst das große automatische Universaluntersuchungsgerät **SE**, bestehend aus Umlösung von Luftaufnahmen. Die „Luftaufnahme“ seiigte eine Fülle von Einzelheiten und Details, die bei der weiteren mechatronischen Bearbeitung zur Signaturkarte verloren gehen. Darum ist gerade der Planer und Projektierer bereits an einem maßstäblichen photographischen Bild seines Arbeitsobjektes interessiert. Solche maßstäblichen Zusammenstellungen photographischer Einzelaufnahmen nennt man „Luftbildplan“. Seine Herstellung durch einfaches Anordnen und Zusammenheften von Luftaufnahmen ist unpraktisch. So bilden die Luftbilder unter sich Maßstabdifferenzen, die durch unbeherrschte Änderungen der Flughöhe des Aufnahmeflugzeuges zwischen den Aufnahmestandorten hervorgerufen werden. Aber auch

das Bild selbst besitzt keinen einheitlichen Maßstab. Es würde einen unvertretbar hohen Aufwand bedeuten, das Aufnahmegerät im Flugzeug so zu stabilisieren, daß genaue Senkrechtaufnahmen entstehen. So verzichtet man hierauf vornehmlich. Das Entzerrungsgerät erfüllt dann die Aufgabe, alle Einzelflüsse in strengen Senkrechtaufnahmen einheitlichen Maßstabes umzuändern. Diese können zu einem zusammenhängenden Plan zusammengeführt werden. Durch die automatische Steuerung der einzelnen Abbildungsbewegungen ermöglicht dieses Gerät ein schnelles und zügiges Arbeiten. Im dritten Gebiete kann dieser Luftbildplan auch die Grundlage für eine Signaturkarte bilden.

In den weniger entwickelten Gebieten wird es sicher gelingen, Karten oder Pläne zu erzeugen, die für längere Zeit mit der Örtlichkeit übereinstimmen. Dort aber, wo das wirtschaftliche Leben pulsiert, ändert sich das Gesicht des Landes Tag für Tag. Straßen, Kanäle, Kraftwerke und Eisenbahnen und vieles mehr müssen neu in die Karte aufgenommen werden. Dieser Laufendurchhaltung des Kartenarbeitsgerätes dient der einfache **Luftbildplan**. Im Prinzip entspricht er einem Kartenuntersuchungsgerät, jedoch wird das Luftbild hier optisch dem Kartenstab überlagert, so daß die Veränderungen mit einem Zeichenstift in die Karte eingetragen werden können.

Luftbildplan und Situationskarte geben die Geländeoberfläche jedoch nur in zwei Dimensionen wieder. Nur indirekt kann auf die dritte Dimension, die Höhe, geschlossen werden. Soviel für Ingenieurprojekte als auch für andere Herstellungszwecke ist aber die Kenntnis der Höhenveränderung von großem Wert. Um im Jahrhundertwende entstand nun in Jena eine Methode, die der Photogrammetrie bei der Erfassung der dritten Dimension eine wertvolle Hilfe leisten sollte. Es war dies die Einführung der messenden Stereoskopie durch C. Pütter. Sind zwei Bilder über einer Basis so aufgenommen, daß ein Teil des Objektes auf beiden Aufnahmen

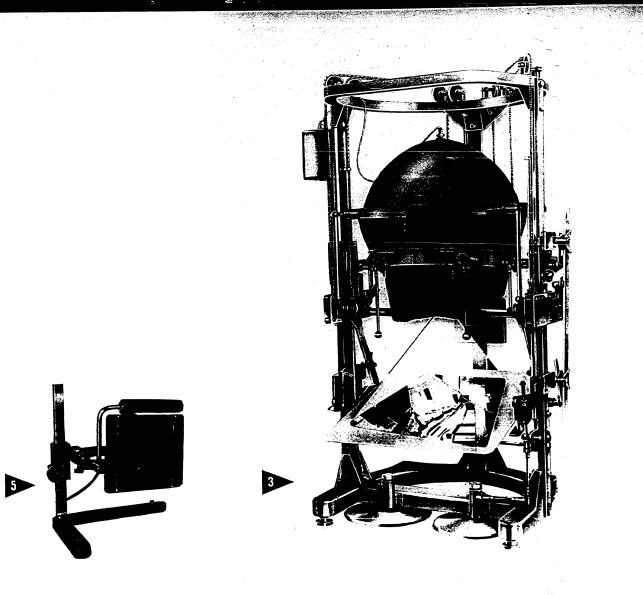


Bild 3: Selbstfokuszierendes Entzerrungsgerät SEG I • Bild 5: Luftbildumzeichner

dargestellt ist, so erscheint bei geeigneter Betrachtung das Gemeinschaftsgebiet als Raummodell in drei Dimensionen. Ein solches Betrachtungsgerät ist das **Spiegelstereoskop**. Für eine Interpretation leistet es bereits wertvolle Dienste. Zusammen mit dem Zeichnungsverfahren kann es auch Karten aus von Bauteilen, Gebäuden usw. als Raummodell vornehmen. Auf einer Parallelführung, als **Stereopantomometer** aufgebaut, gelingen bei Anwendung besonderer Arbeitsmethoden bereits Signaturkartenauswertungen in kleinen Maßstäben. Dabei müssen, um die Fehler klein zu halten, Bilder verhältnismäßig großen Maßstabes verwendet werden. Die Wirtschaftlichkeit der photogrammetrischen Arbeit aber wächst,

wenn möglichst wenige Bilder kleinen Maßstabes das Aufnahmobjekt darstellen. Dabei soll der Bildmaßstab so gewählt sein, daß gerade noch alle in der Karte darzustellenden Details zur Abübung kommen. Zur Auswertung müssen in diesen Fällen jedoch kompliziertere Geräte zur Anwendung kommen.

Ein relativ einfaches Gerät, das jedoch eine exakte Lösung der vorgegebenen Aufgabe liefert, ist der **Aeroprojektor Multiplex**. Für großräumige Luftvermessungen in mittleren bis kleinen Maßstäben hat sich dieser Gerätetyp in den vergangenen 20 Jahren in allen Erdteilen bestens bewährt. Eine Reihe ausländischer Firmen stellt heute Nachbauten des

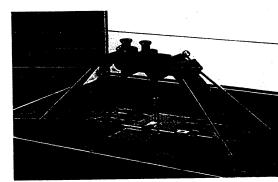
Bild 4: Luftbildplan • Bild 6: Spiegelstereoskop • Bild 7: Stereopantomometer

Multiplex her, der Mitte der dreißiger Jahre von Jena aus seinen Weg in die Welt nahm. Es gibt Einwände gegen dieses Gerätessystem, aber die photogrammetrische Praxis in den weiträumigen Ländern zeigt, daß für diese Aufgaben bisher nichts Besseres geschaffen wurde. Das Grundsätzliche dieses Gerätes ist durchbar eine Spiegelstereoskopie, d.h. optisch in ihrer geographischen Zuordnung die Aufnahmestandorte des Flugzeuges, Länge, Querneigung und Höhenunterschieden werden an den Einzelprojektoren entsprechend der Lage der Aufnahmekammer eingestellt und die Gesamtheit des Bildstreifens wird als Analogprojektion auf einem in der Höhe verstellbaren Zeichenbahnen aufgefangen. Mit dessen Leuchtmärke lassen sich nur Raumkurven (Situationslinien) und Höhenlinien im Raum darstellen. Der Preis des Multiplex ist einem unter der Markt angebrachten Zeichenkonsort aufzutragen. Die verkleinerte Rekonstruktion des Aufnahmevergangen und die Verkleinerung der Original-Luftbildaufnahmen von 18 cm × 18 cm auf 40 mm × 40 mm bzw. 60 mm × 60 mm führen zu einem mittleren Gerät, das ohne besondere Schwierigkeiten transportiert oder auch in einer fahrbaren Auswertestelle noch untergebracht werden kann. Die Aneinanderreihung eines Flugstreifens bietet die Möglichkeit, lange Strecken über ein Festpunktnetz einzuhängen, während die Verarbeitung auf einer festen Basis erfolgt. Damit ist der Multiplex als einziges Gerät dieser Ordnung die wichtigste Aufgabe des Gebildbanschlusses und der Aerotriangulation. Die jetzt wieder lieferbaren Multiplex-ausrüstungen sind entsprechend den heute verwendeten Aufnahmekammern mit Normal-, Weit- und Überweitwinkelobjektiven ausgerüstet. Davon besitzt letzteres einen Offnungswinkel von 122°. Im Maximum kann das Gerät mit 24 Projektoren arbeiten, was es möglich macht, die gesammelten Daten in Gruppen einzuteilen. Diesen Prinzipien folgend, gehört der Multiplex zu den Auswertegeräten der II. Ordnung für die Auswertung von Karten mittlerer und kleiner Maßstäbe.

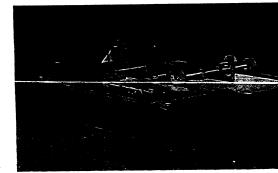
Als Spitzengerät I. Ordnung für großmaßstäbliche Auswertungen gegen die Auswertungslösungen stellen die Jenae Werksstätten seit über 30 Jahren den **Stereoplantigraph** her. Wie der Multiplex gestattet auch dieses Gerät eine lineare automatische Kartierung an Hand des Raummodells. Die Verwendung der Originalaufnahmen und die hohe Präzision des Instrumentes steigern die Auswertegenaugkeit auch für größte Maßstäbe in den für konventionellen terrestrischen Aufnahmehethoden gültigen Bereich hinaus. Seit der ersten Stereoplantigraph der Jenae-Werksstätten verlassen hat, haben andere optisch-optische Betriebe ebenfalls ähnliche Auswertemaschinen gebaut. Auch der Stereoplantigraph wurde ständig weiterentwickelt. Aber fast unver-



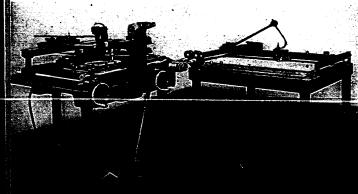
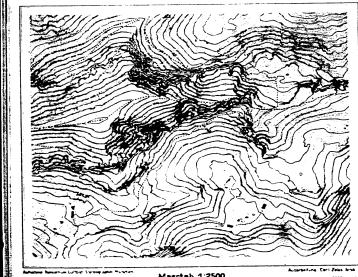
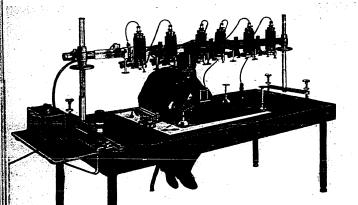
4



6



7



Ändert hat sich das seit 1922 benützte rein optische Projektionsystem wieder als vorteilhaft gegenüber rein mechanischen oder elektrisch-mechanischen Lösungen erwiesen. Der Stereoplanoigraph ist zu einem Begriff für Präzision in aller Welt geworden. Auch jetzt gehen diese großen Auswertemaschinen wieder hinaus in alle Welt und sind Helfer beim friedlichen Aufbau.

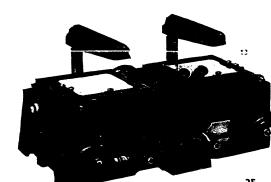
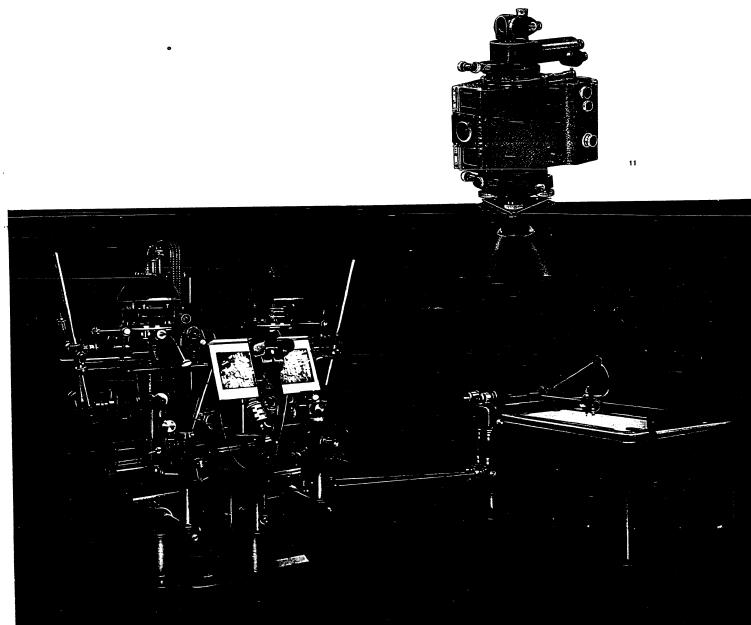
Nicht immer lohnt die Organisation besonderer Vermessungsflüge wegen der örtlichen Begrenzung des Aufnahmeobjektes. Auch meteorologische Bedingungen können manchmal eine Aufnahme aus der Luft unmöglich machen. Trotzdem kann sich auch in diesen Fällen der Vermessungingenieur der photogrammetrischen Aufnahmemethoden bedienen. Zu diesem Zweck ist von wenigen Firmen ein spezieller Meßkammerapparat — **Photokondensat** — entstanden, die die Aufnahme von Modellbildpaaren (Stereogrammen) von der festen Erde aus gestattet. Diese Meßkammer kann aber nicht nur für die Landkartenherstellung Verwendung finden. Es gibt eine Reihe von Anwendungsbereichen dieses terrestrisch-photogrammetrischen Verfahrens auch außerhalb der Topographie.

Zwar können derartige Erdmeßbilder mit dem Stereoplanoigraphen ausgewertet werden. In Abstrakt der immer weiter fortschreitenden Entwicklung des Stereoplanoigraphen zum Spezialgerät für die Luftbildmessung erscheint jedoch dieser Weg als unzweckmäßig. So entstand ein neuer Auswertegerät für terrestrische Aufnahmen, der **Stereokompar**. Auch dieser moderne Zweiblickkartiergerät verwendet ein altes bewährtes Lösungsprinzip, welches 1908 der bekannte österreichische Ingenieur E. v. Ochs, erfand.

Nun kann es ja das Ziel einer Vermessungsaufgabe, die photographischen Aufnahmen zu einer Karte zu verwerthen. Es gibt eine Reihe von Fällen, in denen das gewünschte Ergebnis als Funktion der Bildkoordinaten eines Zielpunktes dargestellt werden kann. Solchen Zwecken dient der **Stereokomparator**. In neuer Form stellt sich auch hier ein Gerät vor, welches seine Zweckmäßigkeit und Brauchbarkeit bis jetzt seit 1901 unter Beweis gestellt hat. Das ist die Ausgangsbasis für die photogrammetrische Gerätetechnik. Ein Ausgangspunkt im Hinblick auf die heute auch in die photogrammetrische Praxis eindringendem programmgesteuerte Rechnerautomaten kommen gerade solchen Meßgeräten wieder eine besondere Bedeutung zu.

55 Jahre Entwicklung und Bau photogrammetrischer Geräte bildeten ein erfahrenes Kollektiv von Werkleuten und Konstrukteuren. Es gibt keinen Fachmann in Deutschland oder anderswo, der diese Erzeugnisse aus Jena nicht kennt. Er schätzt die Tätigkeit unserer Spezialisten, die in den Jahren in den photogrammetrischen Instrumenten investieren. Damit geben sie ihm eine wertvolle Arbeitsreserve für die schnelle Erfüllung seiner Aufgaben in die Hand.

Bild 8: Ausprojektor Multiplex
Bild 9: Auswertung = Bild 10: Stereoplanoigraph = Bild 11: Photokondensat
Bild 12: Stereoplanoigraph = Bild 13: Stereokomparator



Ernst Abbe und die Entwicklung zum Elektronenmikroskop

Ernst Abbe, der Begründer der modernen mikroskopischen Technik, hat in seiner Theorie der mikroskopischen Abbildung die Grenze für das Auflösungsvermögen des Lichtmikroskopes ermittelt. Aber dem Stande der wissenschaftlichen Erkenntnis seiner Zeit vorausliegend, sah er in Gedanken bereits Möglichkeiten für eine neue instrumentale Entwicklung, die die Grenze des Lichtmikroskopes überschreite. So erklärte er 1878 in seiner Arbeit: „Die optischen Hilfsmittel der Mikroskopie“ (abgedruckt in den „Gesammelten Abhandlungen von Ernst Abbe“, Band 1, Verlag von Gustav Fischer in Jena, 1904):

„Nach allem, was im Gesichtskreis unserer heutigen Wissenschaft liegt, ist der Tragweite unseres Sehorgans durch die Natur des Lichtes selbst eine Grenze gesetzt, die mit dem Rüstzeug unserer dermalen Naturerkennnis nicht zu überschreiten ist. Es bleibt natürlich der Trost, daß zwischen Himmel und Erde noch so manches ist, von dem sich unser Unverständ nichts traumen läßt. Vielleicht, daß es in der Zukunft dem menschlichen Geist gelingt, sich noch Prozesse und Kräfte dienstbar zu machen, welche auf ganz anderen Wegen die Schranken überschreiten lassen, welche uns jetzt als unübersteiglich erscheinen müssen — das ist auch mein Gedanke. Nur glaube ich, daß diejenigen Werkzeuge, welche dereinst vielleicht unsere Sinne in der Erforschung der letzten Elemente der Körperwelt wissenschaftlicher unterstützen, mit diesen kaum etwas anderes als den Namen gemeinsam haben werden.“

Diapositive eingestellt hatten, waren gelegentlich genötigt, bei der Beschreibung der demonstrierten Bilder zuzugeben, daß bestimmte Veränderungen auf dem Positiv nicht zur Darstellung kämen. Verändert.

Ich selbst und meine Mitarbeiter waren außerordentlich froh,

dß uns dieses Gerät zur Verfügung stand. Namentlich im Vortrag von Herrn Dr. Pawlick wären sonst feinere Verände-

rungen am knöchernen Schädel nicht demonstrabel gewesen.“
Unser Röntgendiaskop hat inzwischen in namhaften Kliniken im In- und Ausland Eingang und Anerkennung gefunden. Dank seiner ausgezeichneten optischen Leistung und soliden mechanischen Ausführung, ist es den Röntgenologen ein wertvoller Helfer bei seiner verantwortungsvollen ärztlichen Tätigkeit im Dienste der Volksgesundheit.

Wdl.

Von der geschichtlichen Entwicklung der Zeiss-Mikroskopstativ e vom Stativ Ic bis zu den L-Stativen • Hans Hoppe

Es wird von Freunden unseres Werkes oft die Frage gestellt: Wie ist die elegante und zweckmäßige Form der L-Mikroskopstative entstanden und warum wurde dieser Typ L genannt? Zur Antwort auf diese Fragen muß die Entwicklung der Zeiss-Mikroskopstativ berichtet werden.

Bei Beginn der fabrikationsmäßigen Herstellung von Mikroskopstativen waren die Formen der Stativen verschiedenartig.

Die ersten Stativen waren aus Holz und der Werkzeugmaschinen der damaligen Zeit sehr einfach. Ein gerader Tubus, von Hand aus verstellbar, ein einfacher Objektivtisch, darunter ein Spiegel und ein schwerer Messingfuß, genügten den Anforderungen.

Die Entwicklung der Mikroskopstativ, besonders durch Prof.

E. Asai, verlangte eine präzisere und einwandfreie Führung

des Tubus.

Neben der Grobbewegung, zu deren Herstellung spezielle Werkzeuge erforderlich waren, mußte eine sparsame

arbeitende Feinbewegung konstruiert werden. Im Jahre 1886 entstand eine durch eine senkrechte stehende Mikrometerschraube zu betätigende Feinbewegung.

Schon der Einbau dieser Feinbewegung und dazu die fortwährende Entwicklung der Werkzeugmaschinen beanspruchte stark die Formgebung. Die Konstruktion größer und stabiler, für die Forschung bestimmt Mikroskopate, verlangte besonders für die Feinbewegung eine entsprechende Form.

Die bisher verwandten Feinbewegungen waren ungünstig.

Daher wurde im Jahre 1898 zuerst an dem Stativ Ic, einem

für subjektive Beobachtung und für Mikrofotografie und Projektion konstruiertem Mikroskopstativ, die Mikrometerbewegung nach M. Brause eingebaut. Eine waagerecht liegende Schnecke, von zwei Seiten bedienbar, betätigte über ein Schneckenrad eine senkrechte stehende Schrittführungsleitung. Mit dieser, mit äußerster Sorgfalt hergestellten Feinbewegung waren viele Jahre lang gedeckte Erfolge.

Zum Mikroskopstativ waren jedoch hohe Fertigungskosten dieser

Feinbewegung veranlaßt den damaligen Leiter des Kon-

struktionsbüro Mikroskopate, Obering, F. Meyer, eine von

ihm nach völlig neuen Gesichtspunkten konstruierte Uhr-

werkfeinbewegung, die ohne Fettung arbeitet, im Jahre 1920

neu konstruierten Mikroskopstativen A, B und C einzubauen.

Mit der Meyerschen Feinbewegung werden noch heute alle

Zeiss-Mikroskopate ausgerüstet.

In der Formgebung spielten neben den konstruktiven, immer

mehr auch die fertigungstechnischen Gesichtspunkte eine Rolle, Glatte, gut bearbeitbare Flächen bestimmten die Form und fanden in der Konstruktion unserer E-Typen ihren Ausdruck. Dieso, mit einem kreisabschnittsförmigen Kopfverschluß, stabile Mikroskopate nahmen schon damals in der Formgebung einen vollen Platz ein und wurden zu tausenden als E, F, G und H-Stativ in alle Teile der Welt geliefert. Weitere Entwicklungen waren die in der E-Form gebauten Mikroskopstativ J und K, die aber nicht in Serie gefertigt wurden.

Obwohl der Mikroskopbau einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht hatte, kamen von Zeit zu Zeit unerwartete Mikroskopiker immer wieder Anfragen verschiedenster Art. So wurde bemängelt, daß im Arbeiten mit Olimmerschen Feinbewegungen das Präparat oft aus dem Tubus rutschte.

Weitere Entwicklungen waren die in der E-Form gebauten

Mikroskopstativ J und K, die aber nicht in Serie gefertigt wurden.

Obwohl der Mikroskopbau einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht hatte, kamen von Zeit zu Zeit unerwartete

Mikroskopiker immer wieder Anfragen verschiedenster Art. So wurde bemängelt, daß im Arbeiten mit Olimmerschen Feinbewegungen das Präparat oft aus dem Tubus rutschte.

Weitere Entwicklungen waren die in der E-Form gebauten

Mikroskopstativ J und K, die aber nicht in Serie gefertigt wurden.

Das L-Stativ wurde nach dem Jahre 1945 nicht nur in der Form,

sondern auch in allen Einzelheiten von vielen Mikroskop-

herstellern nachgebaut. Das ist ein Beweis, daß mit dem erst-

mal Anfang 1920 auf den Markt gebrachten Mikroskop-

stativ A ein neuer Abschnitt in der Entwicklung des Mikroskop-

bau eingeleitet wurde. Es wird unablässig auf dem Gebiet des Mikroskopbaus in Jena weitergearbeitet und verbessert aus

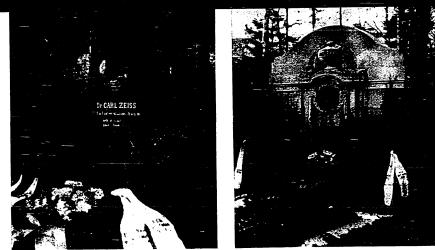
dieser Arbeit noch weiterverwendbare L-Stativ auf dem Markt erscheinen.

110 JAHRE CARL ZEISS JENA



Blick auf die Busto von Carl Zeiss und Ernst Abbe und auf das Relief
von Otto Schott in der Empfangshalle des Zeiss-Hochhauses in Jena im November 1956.

1 8 4 6 - 1 9 5 6



An den Gräbern von Carl Zeiss, Ernst Abbe und Otto Schott am 17. November 1956

Carl Zeiss: „Dem Gründer unseres Werkes“ • Ernst Abbe: „Dem hervorragenden Wissenschaftler und großen Menschen“ • Otto Schott: „Dem Schöpfer des optischen Glases“

VEB Carl Zeiss JENA auf Messen und Ausstellungen 1957

Unser Werk ist 1957 mit eigenen Ausstellungständen im Rahmen von DDR-Ausstellungen beteiligt, im folgenden Massen- und Ausstellungen: **Poznan**, Int. Messe, April 1957; **Zagreb**, April 1957; **Sopron**, Int. Messe, April 1957; **Brüssel**, Int. Messe, April 1957; **Prag**, Int. Messe, April 1957; **Wien**, Int. Messe, April 1957; **Stockholm**, Int. Messe Systemex 1957; **Reykjavík**, Juli 1957; **Turin**, Informationsstand Int. Messen September 1957; **Cagliari**, Int. Messe, September 1957; **Paris**, Int. Messe, September 1957; **Calo**, Industrieausstellung IV. Quartal 1957; **Damaskus**, Damaskus, Messe IV. Quartal 1957; **Singapur**, Int. Messe IV. Quartal 1957; **Surabaya**, Int. Messe 26.-6.8.1957.

Dirigenten für Überseerausstellungen und mit Angeboten über letztere Messen- und Ausstellungsbeteiligungen unseres Werkes in den folgenden Nächten der JENAUER RUNDschau (Gedenktag) werden den Vorträgen alle Freunde und Interessenten von Zeiss-Geräten, in den in Frage kommenden Ländern sind Oste und Ternino diese Messen besucht. Die Ausstellung ist eine Teilnahme an den Ausstellungen Zeiss-Spezialisten zur Eröffnung von Auktionen und zur Begrüßung der Besucher anwesend sein können.

Zeiss - Tonkino - Kofferanlagen unter härtesten klimatischen Bedingungen auf dem „Dach der Welt“!

Obwohl die technischen Konstruktionen im Rahmen des wofälligen Produktionsprogramms unseres Werkes zu einem der jüngsten Fortschrittszweige gehören, besitzen sie doch im Auslande einen guten Ruf. Werden die Geräte in kleinen Tausenden von Geräten, die im vergangenen Jahrzehnt das Werk verlassen haben, brauchen Menschen Menschen Freude, Erfahrung und Entspannung. In jedem Gerät, das wir für den Besuch von Lichtspieltheatern nicht möglich ist oder Kinovorführungen daher völlig unbrauchbar sind, ist eine Anpassung unserer Schmalfilmleinlagen, die in den Tropen gefunden haben, beweist ein Schreiber vom 14.10.55 aus Lhasa: Unter an-

Wir lieben unseren Brief, diesen haben wir unsere Geräte nie enttäuscht, können wir schreiben, wie unterschön ein Augen. Ihr

mußt bedenken, daß wir auf dem Wege zu den

Aufführungen des Gereata auf Jaxi, E. T. und

die anderen Städte der Provinz Jaxi, auf den

zweiten und weiteren Gebieten und auf den

Kilometern von unserem Standort entfernt.

Seit diesen Zeiss-Kofferanlagen, ich

möchte Ihnen in den abgeschiedenen Dörfern

und weit verstreuten Wieddplätzen auf dem

„Dach der Welt“, in Tibet. Unsere Geräte sind

grob, aber sehr leicht, sehr einfach und

arbeiten ordnungsgemäß, auch unter den dort

verschiedensten außergewöhnlichen klimatischen

Verhältnissen, zur größten Zufriedenheit ihrer

Benutzer.

Wol

Carl Zeiss weltbekannt

Ein Brief aus London
Am 14.-15. 56 gab mir ein Briefmeister B. (oder Adressat aus London) einen

Brock & Michelien

Carl Zeiss

Zur Befriedigung der Adress: Die Firma Brock

und Michelien war unsere dänische Vertretung

in Kopenhagen und ist jetzt für Oberköchen

tätig. Sie führt in ihrem Bereich höchst interessante Geschäfte unter Verantwortung ihres

Überköchen.

Der Absender des Briefes ist eine deutsche Firma

der Metallindustrie. Der Briefmeister salutiert die

Firma Brock & Michelien in Kopenhagen, Dänemark sein. Der Briefmeister ist nun das Vierzigste untergekommen, anstatt des Ortes und der Straße, die er gekauft hat, steht das Wort Carl Zeiss in der Adresse eingesetzt.

Die englische Post liest den Brief und es geht

die Post. Er geht also bei der Leistung der

Bundespost ein --- und diese leitet den (an Zeiss als Ortsangabe adressierten) Brief an die Post der Deutschen Demokratischen Republik weiter. Durch diese gelangt er nach Jena, das gar nicht in der Adresse genannt ist.
Dieser Vorgang zeigt und beweist:

Der Brief aus London, der drei Tage vor unserem 110jährigen Jubiläum in Jena eintraf, war für uns ein besonders erfreuliches Geburtstags-

**Prof. Heckmann, Hamburg-Bergedorf
über das 2-m-Universalspiegelteleskop
der Deutschen
Akademie der Wissenschaften**

In der Nähe von Jena wird von der Deutschen Akademie der Wissenschaften eine Sternwarte errichtet werden, die das im VEB Carl Zeiss Jena im Bau befindliche 2-m-Universalspiegelteleskop nach dessen Fertigstellung aufnehmen wird. Dies teilte Prof. Dr. O. Heckmann, Direktor der Sternwarte Hamburg-Bergedorf, auf der 42. Tagung der Astronomischen Gesellschaft in Hannover mit. Das Teleskop ist das erste seiner Art in der Welt und wird den Astronomen ganz Deutschland zur Verfügung stehen. Ein Direktorium, bestehend aus den Professoren Gürlich, Heckmann, Höflnecker, Kienle, Lambrecht und

Wempe, wurde mit der Leitung des
deten Akademie-Institutes betraut.

(Fortsetzung von Seite 2)
E. Hellig, Einiges über die Methoden der Farbmessung und ein nach dem Gleichgewichtsverfahren arbeitendes Farbmessergerät; H.-J. Martin, Ein neues Impedanz-Möllergerät; L. Leiterer, Der Regikkreis eines selbstabgleichenden Photometers unter Berücksichtigung Coulombscher Reibung;

Inhaltsverzeichnis Jahrbuch 1955 II: H. Lucas, Fritz Löwe zum Gedächtnis; A. Sonnenfeld, Ernst Abbé Verdienste um die Zeiss-Doppelrefraktionsmethode im Umkehrprinzip; H. Boegel und H. Bernhardt, Die Weiterarbeit an Mikroskopkamerasystemen und -okularen; H. Böhm, Die Entwicklung der Zeiss- und H. M. Boltz, Spaltblendenanordnungen und Auflösungsvermögen von Spektrometermikroskopen; W. Fette, Über die Auswertung von Papierelektrophorosstreifen und ein hierfür bestimmstes einfaches Zusatzgerät zum Puffertyp-Photometer; L. Scherer, Neurastische Mattschichten; H. Lipp, Das Mikroskop im chemischen Laboratorium; H. Riedel, Die Inversion nach Hart und Raab-Hart; Z. Ziel- und Astigmat-Korrektionen.

•

Berichtigungsblatt zu Heft 1/56
Durch bedauerliches Verschulen wurden im Beitrag Dr. Krohs: Photostellen in Nr. 1/1956 Bildunterschriften verschossen.
Bild 2a zeigt links eine Spezialmischzelle für sichtbare oder infrarote Strahlung, rechts Zellofilmlichtleiterstruktur aus Quarz für ultraviolettes.

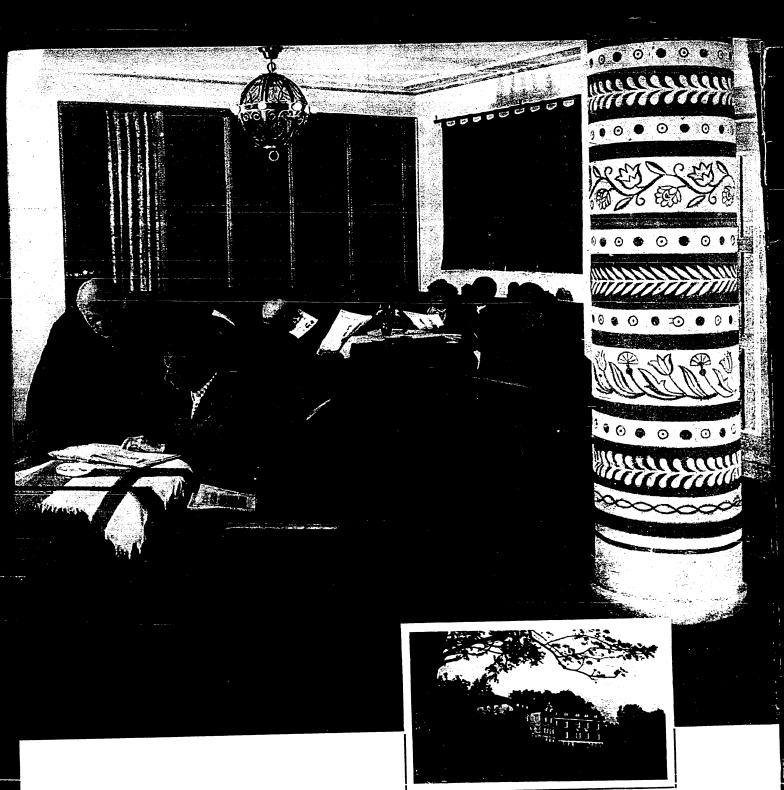
Bild 2 bilden Abbildung zeigt Kugelzelle für sichtbare oder infrarote Strahlung, unten: Abbildung Kugelzelle mit Quarzfenster für UV-Strahlung.
Bild 3 zeigt die alte Spezialzelle „Schemensteinzelle“ mit Quarzfenstern, die heute nicht mehr gebaut wird.

10 of 10

In 3 Kinderkrippen, 2 Kind



In 3 Kindergartenen, 2 Kindergärten, 3 Kinderhorten und 1 Kinderwohnheim werden 783 Kinder von pädagogischen und erzieherischen geschulten Personen betreut. Erzieher- und Wirtschaftskräfte betreiben die berufstätigen Mütter wissen ihre Kinder in diesen Heimen gut aufgehoben und sind während der Arbeitszeit von den Sorgen um die körperliche und geistige Pflege der Kinder befreit. Im Kindergartenhause um seines Werkes in Geographthal (Thüringen 70) und im Kinderhaus der Carl Zeiss Stiftung in Bad Sulza finden jährlich 740 Kinder von Werkangestellten in 4wochentagiger Basis unter strenger Betreuung und Überwachung Erfahrung und Gesundung.



J

m Berghotel „Stutzenham“ der Carl Zeiss-Stiftung, das als Urlaubshotel von unserem Werk unterhalten und betrieben wird, finden zu 14tägigen Urlaubsaufenthalten jeweils 100 Werkangestellte zum Preis von 35,- DM volle Pension. In 750 m Höhe am Adlersberg, nahe Schmiedefeld (Rempten) gelegen, erholen sich unsere Urlauber in frischer, wäriger, stadtfeier Luft des Thüringer Waldes. Die gepflegten und geschmackvoll eingerichteten Räume des Berghotels bieten ihnen alle Bequemlichkeiten, eine sorgfältige Betreuung und Bedienung jedo Entspannung. Im Ferienheim Scheibenberg des VEB Carl Zeiss JENA, in unserem Ostteilheim „Wald und See“ Köditz, im Wintersportheim Cossdorf, im Wanderheim am Rieseneck bei Kahl finden zu 14tägigen Urlaubsaufenthalten, aber auch zu Wochenendfahrten, jeweils weitere 102 Urlauber Aufnahme und Erholung.



Leistungsfaktor und Empfindlichkeitsmessung bei Thermoelementen und Thermosäulen

Heribert Körnem

I. Zu der Frage, welcher Leistungsfaktor von Zapfenelementen, d. h. von solcher Konstruktion, wie sie heute für Hochleistungsumpläger am meisten angewandt wird, erreichbar ist, kann man unter Verwendung der in einem vorangegangenen Artikel [1] bereits angegebene Nomenklatur, die hierzu noch durch folgende Bezeichnungen erweitert ist:

S_0 , k_0 = Wedemann-Franz'sche Konstante der verwandten Thermometalle [Watt/Ohm-grad 2];

L_1 , L_2 = Lorenzzahl der verwandten Thermometalle [Watt/Ohm-grad 4];

A_1 , A_2 und A_3 , A_4 = Absorptionskoeffizient der Empfängerfläche bzw. Verlustfaktor des Eintrittsfensters, p = Reflektionskoeffizient der verwandten Thermometalle [Volt-grad 2];

Θ = Absolute Temperatur [$^{\circ}$ K];

P_{str} = Strahlwiderstand der Empfängeroberfläche [grad-Watt 2];

m , m' = Thermometralzahl (dimensionslos),

folgendes aussagen:

Für die Empfindlichkeit S_0 gilt die Gleichung

$$(1) S_0 = A \cdot P_{\text{str}} \cdot R_1 \cdot R_2$$

Unter der Bedingung, dass die Wärmeleitung durch die Strahlung ebenso wie durch die Luftkanalung infolge nicht ausreichenden Vakuum gegenüber der Wärmeleitung durch die Thermo-verbindungen zu vernachlässigen ist, wird

$$(2) R_2 \approx R_{\text{pav}}$$

Johansen [2] hat für das optimale Verhältnis zwischen den elektrischen Widerständen der beiden Thermo-verbindungen R_1 und R_2 und deren Wärmeplättchenwiderständen R_{pav} und R_{pav} folgende Bedingung aufgestellt:

$$(3) R_1 = R_{\text{pav}}$$

$R_2 = R_{\text{pav}}$

Unter Berücksichtigung, dass

$$(4) R_{\text{pav}} = R_1 \cdot R_2 = R_1^2$$

$$R_1 = R_2$$

$$(5) R_{\text{pav}} = R_1 \cdot R_2 = R_1^2$$

$$(6) R = R_1 = R_2$$

ist, folgt aus (2), (3), (4), (5) und (6)

$$(7) R_{\text{str}} = (1/k_1 + 1/k_2)^{-1} \approx R_1$$

Für die Zeitkonstante gilt

$$(8) T = k_1 \cdot R_1 \cdot m$$

$$(9) K_w = k_0 \cdot k_1 \cdot T$$

Aus diesen Gleichungen folgt durch Einsetzen in Gleichung (3) des vorangegangenen Artikels [1]

$$(10) M = 1/K_w \cdot (V_{\text{str}} - V_{\text{pav}})$$

Ferner wir teste die k_1 und k_2 die wahren zu sein.

$$(11) L_1 = \frac{1}{\Theta} \cdot k_1 \quad L_2 = \frac{1}{\Theta} \cdot k_2$$

ein, dann geht die Gleichung (10) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot P$$

$$(12) M = \frac{1}{\Theta} \cdot \Theta \cdot K_w \cdot (L_1 + L_2)$$

Geling [3] hat den Begriff Thermomettalzahl

$$p^2$$

$$(13) m = L_1 + L_2$$

eingeführt, aus Gleichung (12) jedoch erhält sich, dass es besser wäre, an dessen Stelle den Begriff

$$p^2$$

zu verwenden, da dieser bei guter Abstimmung der beiden Thermoverbindungen den mit den verwandten Materialien erreichten Leistungsfaktor bestimmt. Bei der Verwendung von anderen als den oben genannten Materialien kann die Bedeutung des Wirkungsgrades von Thermogeneratoren von M. Teitel [4] und A. F. Joffe [5], in denen Gleichungen aus ähnlichen Gründen der zentralen materialbedingten Ausdruck auftritt. Setzen wir (14) in (12) ein, dann wird

$$(15) M = 0.47 \cdot A \cdot V_{\text{str}}$$

$$= 1 \cdot \Theta \cdot K_w$$

für den Fall, dass L_1 annähernd gleich L_2 ist, wird $m = 2$ und damit bei Verwendung des von Geling definierten Begriffes:

$$0.47 \cdot A \cdot L$$

$$(16) M = 1 \cdot \Theta \cdot K_w$$

Der Leistungsfaktor ist also bei Anwendung der in (16) gegebenen Bedingungen allein von A_1 , V_{str} bzw. K_w abhängig.

Nehmen wir nun an, dass die Empfängerfläche aus einer Gussfolie von 3.7μ Dicke besteht, was etwa das Äußerste darstellen dürfte, was technisch bearbeitbar waren, dann, kann, dass sie (mit $C = 0.6 \text{ cal} \cdot \text{grad}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$) heraus eine $K_w = 2.5 \cdot 10^{-5}$ Hinzu kommt noch die Wärme Kapazität der Absorptionssschicht. Nach Kunkel [6] würden wir bei Anwendung der Praktiken (S. 349) einen Schichtdecken $1.6 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$ kompositen Materialen eine K_w von 0.3000 erhalten, was also für $A_1 = 0.6$ eine $K_w = 4.6 \cdot 10^{-5}$ entspricht. Damit erhalten wir für Empfängerfläche plus Absorptionssschicht insgesamt eine $K_w = 7.7 \cdot 10^{-5}$, wenn wir annehmen dürfen, dass die zusätzliche Wärme Kapazität der Thermo-verbundungen vernachlässigbar ist.

Wir für Zapfenelemente im vorigen Zahl zu fügen ist, für das Eintrittsfenster, das wir wiederum parallel zur L_1 unter Annahme von $K_{\text{pav}} = 0.05$ und Verlustkoeffizienten $A_2 = 0.9$ rechnen und erhalten damit $A = 0.34$.

Wenn es weiter stimmt, dass wie Geling [3] ergibt Thermometer zäh $m = 5.3$ bisher nicht bekannt geworden sind, und wenn wir diese Zahl zusammen mit den oben angegebenen Größen für A_1 , K_w und $\Theta = 300^\circ \text{K}$ einsetzen, dann erhalten wir $M \approx 0.7$. Würden wir versuchen, 90% Absorption zu erreichen, wozu nach Kunkel eine Absorp-

tions schichtdicke mit der Wärme Kapazität K_{pav} von etwa $8.3 \cdot 10^{-5}$ nötig ist, dann würde $M \approx 0.85$. Selbstverständlich sind die oben angegebenen Voraussetzungen praktisch nur unvollkommen zu verwirklichen und daher stellen diese Leistungsfaktoren für die zugrunde gelegten Voraussetzungen die äußerste Grenze dar, deren praktische Realisierung ohne Steigerung der zugehörigen Materialdaten nicht möglich ist. $\tau = 1$ der Strahlungswiderstand des Verlustfensters R_{pav} nicht zu vernachlässigen, oder würde man sich — wie immer wieder empfohlen wird, was aber nur richtig ist, wenn man wie Johansen nur die Messgenauigkeit, nicht aber die Menge bei der Beurteilung der Lösungsfähigkeit beachtet — an die sogenannte Johansensche Bedingung für das Verhältnis von R_{str} zu R_{pav} halten, wonach als optimale Bedingung $R_{\text{str}} / R_{\text{pav}} = 100$ gilt, so erhält man aus obiger Rechnung anstelle von (2) $P_{\text{str}} = \frac{P_{\text{str}}}{100}$ und damit wurde die außermittlere

Grenze des Leistungsfaktors um $\sqrt{100}$ kleiner sein, anstelle 0.7 bzw. 0.85 wurden 0.5 bzw. 0.6 stehen. Es ist also entgegen der in der Literatur verbreiteten Meinung festzustellen, daß die Einhaltung der Johansenschen Bedingung keinen optimalen Leistungsfaktor gibt. Da aber zur Erreichung dieses Leistungsfaktors noch eine größere Zahl von zusätzlichen Bedingungen einzuhalten sind, die technisch durchweg schwer zu realisieren sind, so ist die Einhaltung der Johansenschen Bedingung einen gewissen Zutritt zu Anbieten von Leistungsfaktoren, die diese Grenze anzählig erreichen bzw. überschreiten sollten. Unsere Näherungen und Vergleichsmessungen haben dies insfern auch bestätigt, als wir leichtere Leistungsfaktoren, die über 0.25 wesentlich hinausgehen, bisher bei Vermessungen fremder Fabrikaten nicht gefunden haben. Unsere praktischen Erfahrungen bei der Herstellung unserer eigenen Thermogeneratoren haben uns weiter gezeigt, dass es möglich ist, die Zahlenwerte, die Jones für seinen und anderen technologischen Kunstgriffe benötigt, um einen To-Zonen-Lositzfaktoren, die sich diese Grenze nähern, in einer Serienproduktion zu realisieren. Weder in der Fachliteratur noch aus den Prospekten der gewerblichen Hersteller ist bisher klar zu erkennen, für welche Fenster die angegebenen Werte für S_0 gemeint sind. Es könnte einer zweimalig sein, wenn S_0 wechselt die Empfindlichkeit unter Erhöhung des Fensterverlustes angibt, noch eine zweite Bedeutung für den Empfänger, die die Empfängerplättchen einzuführen, die wir die Θ -ungängige oder Empfindlichkeit S_0 des zentralen Empfängerelementes nennen wollen. Diese sei angeben, welche Spannung das eigentliche Empfängerelemente die Fensterverlust abgibt, d.h. $S_0 = S_0 \cdot A_1$ und entsprechend könnte man einen Θ -sprung über die Grundabschaffaktoren $M = M' \cdot A_1$ erhalten. Die Anwendung einer Regel-Kompendien kann wiederum folgende praktischen Gründe haben:

1. Wenn es sich um einen Bereich von Umständen ab handelt, die mit der eingesetzten Leistungsfaktur den Empfängerelementen nicht nichts zu tun haben;

2. Wenn das Fenster als Θ -unabhängig zu werden und damit in M zu einer optimalen Auslegung des Abstandsfaktors K herangezogen werden, was jedoch besonders kostspielig ist, weil hierbei diese letzte Abstandslinie sehr nahe an die Empfängerfläche herangebracht werden kann;

3. Kommt bei Messungen in den Spektralgebieten, in denen das Fenster maximale Durchlässigkeit besitzt, immer die Grundempfindlichkeit S_0' annähernd zur vollen Wirkung, während in den anderen Gebieten die Empfindlichkeit entsprechend der Durchlässigkeit bis auf 0 herab sinken kann;

So würde z. B. ein Thermolelement mit einem Quarzfenster bei einem 100-Strahler wegen seiner geringen Durchlässigkeit $\tau = 1$ der Strahlungswiderstand des Verlustfensters R_{pav} nicht mehr die Empfindlichkeit aufweisen, während es im Bereich, in dem das Quarzfenster durchlässig ist, voll Empfindlichkeit liefert. Es kann sogar folgender Fall eintreten: Wenn mit Hilfe entsprechend durchlässiger Fenster die Grundempfindlichkeit des Thermolelementes S_0 an einem 100-Strahler bestimmt worden ist, dann kann das gleiche Element mit einem Quarzfenster in seinem Durchlässigkeitbereich trotz gewisser Verringerung eine größere Empfindlichkeit S_0' als dieses 100-Strahler bestimmt werden, da S_0 die Absorptionsvermögen der Schwarzsicht, die durch einen gewissen Abfall des Absorptionsvermögens der Schwarzsicht bei längeren Wellen gegeben und nur schwer zu vermeiden ist, wenn bei der Auslegung des Thermolelementes nach einer kleineren Zeitkonstante und dem damit verbundenen optimalen Maßnahmen gesamten Wellenbereich gegeben wird. In diesem Fall kann man, obwohl bei einer entsprechenden R_{pav} eine außerordentlich niedrige Empfindlichkeit heraus, als bei den kürzeren Wellenlängen des nahen Ultravioletten bis zum Ultravioletten vorhanden ist, wo die Absorptionsvermögen auch bei dünnen Absorptionsschichten meistens nahe bei 100% liegt. Man sieht, daß daher auch die Kenntnis des Spektralbereiches, in dem der Empfänger benutzt werden soll, für den Hersteller bei der optimalen Auslegung des Kompendiums eine Bedeutung hat.

Außerdem ist zu beachten, daß bei Verwendung des Bedarf $S_0 = S_0 \cdot A_1$ für sein jüngstes Problem selbst entscheidend ist, ob der Fenster nach Material und Form das Optimal ist, und daß er ebenfalls selbst errechnen kann, mit welchen Empfindlichkeiten S_0 er, nach dem benutzten Fenster, bei verschiedensten Wellenlängen rechnen kann, d.h. welche Umrüstungsfaktoren er jeweils anwenden muß, wobei für genaue Messungen die Kenntnis einer evtl. noch voraussehbaren S_0 nicht ausreicht, die Empfindlichkeit S_0 ist, wenn $\Theta = 100^\circ \text{K}$ ist, unverzüglich eine Strahltemperatur nützlich wird, welche einige in einem weiteren Bericht noch eingehender diskutiert werden soll.

Zur Frage, wie der Leistungsfaktor nach Jones bei der Auslegung von Maßnahmen anzuwenden ist, ist noch einiges zu sagen: Im vorangegangenen Artikel wurde bemerkt, daß dadurch, daß in den Leistungsfaktor $|F|$ eingetragen, der Leistungsfaktor von Thermolelementen mit verschiedenen Empfängerflächen von der Größe dieser Fläche selbst praktisch unabhängig ist, daß diese effektive Leistungsfaktoren M der Empfängerflächen mehr das Verdienst der Optik als das des Thermolelementes ist. Dieser Satz sei zum besseren Verständnis hier noch etwas näher erläutert.

Für die Bestimmung der Gesamtleistung einer Strahlungsumwandlung ist, wie es ja auch in der erwähnten Gleichung (1) und (2) zum Ausdruck gebracht wird, die Fläche des Empfängers bzw. die durch eine starke Optik erreichte Konzentrierung der zur Verfügung stehenden

3. Kommt bei Messungen in den Spektralgebieten, in denen das Fenster maximale Durchlässigkeit besitzt, immer die Grundempfindlichkeit S_0' annähernd zur vollen Wirkung, während in den anderen Gebieten die Empfindlichkeit entsprechend der Durchlässigkeit bis auf 0 herab sinken kann;

So würde z. B. ein Thermolelement mit einem Quarzfenster bei einem 100-Strahler wegen seiner geringen Durchlässigkeit $\tau = 1$ der Strahlungswiderstand des Verlustfensters R_{pav} nicht mehr die Empfindlichkeit aufweisen, während es im Bereich, in dem das Quarzfenster durchlässig ist, voll Empfindlichkeit liefert. Es kann sogar folgender Fall eintreten: Wenn mit Hilfe entsprechend durchlässiger Fenster die Grundempfindlichkeit des Thermolelementes S_0 an einem 100-Strahler bestimmt worden ist, dann kann das gleiche Element mit einem Quarzfenster in seinem Durchlässigkeitbereich trotz gewisser Verringerung eine größere Empfindlichkeit S_0' als dieses 100-Strahler bestimmt werden, da S_0 die Absorptionsvermögen der Schwarzsicht, die durch einen gewissen Abfall des Absorptionsvermögens der Schwarzsicht bei längeren Wellen gegeben und nur schwer zu vermeiden ist, wenn bei der Auslegung des Thermolelementes nach einer kleineren Zeitkonstante und dem damit verbundenen optimalen Maßnahmen gesamten Wellenbereich gegeben wird. In diesem Fall kann man, obwohl bei einer entsprechenden R_{pav} eine außerordentlich niedrige Empfindlichkeit heraus, als bei den kürzeren Wellenlängen des nahen Ultravioletten bis zum Ultravioletten vorhanden ist, wo die Absorptionsvermögen auch bei dünnen Absorptionsschichten meistens nahe bei 100% liegt. Man sieht, daß daher auch die Kenntnis des Spektralbereiches, in dem der Empfänger benutzt werden soll, für den Hersteller bei der optimalen Auslegung des Kompendiums eine Bedeutung hat.

Außerdem ist zu beachten, daß bei Verwendung des Bedarf $S_0 = S_0 \cdot A_1$ für sein jüngstes Problem selbst entscheidend ist, ob der Fenster nach Material und Form das Optimal ist, und daß er ebenfalls selbst errechnen kann, mit welchen Empfindlichkeiten S_0 er, nach dem benutzten Fenster, bei verschiedensten Wellenlängen rechnen kann, d.h. welche Umrüstungsfaktoren er jeweils anwenden muß, wobei für genaue Messungen die Kenntnis einer evtl. noch voraussehbaren S_0 nicht ausreicht, die Empfindlichkeit S_0 ist, wenn $\Theta = 100^\circ \text{K}$ ist, unverzüglich eine Strahltemperatur nützlich wird, welche einige in einem weiteren Bericht noch eingehender diskutiert werden soll.

Zur Frage, wie der Leistungsfaktor nach Jones bei der Auslegung von Maßnahmen anzuwenden ist, ist noch einiges zu sagen: Im vorangegangenen Artikel wurde bemerkt, daß dadurch, daß in den Leistungsfaktor $|F|$ eingetragen, der Leistungsfaktor von Thermolelementen mit verschiedenen Empfängerflächen von der Größe dieser Fläche selbst praktisch unabhängig ist, daß diese effektive Leistungsfaktoren M der Empfängerflächen mehr das Verdienst der Optik als das des Thermolelementes ist. Dieser Satz sei zum besseren Verständnis hier noch etwas näher erläutert.

Für die Bestimmung der Gesamtleistung einer Strahlungsumwandlung ist, wie es ja auch in der erwähnten Gleichung (1) und (2) zum Ausdruck gebracht wird, die Fläche des Empfängers bzw. die durch eine starke Optik erreichte Konzentrierung der zur Verfügung stehenden

Strahlungsleistung ohne Bedeutung; da interessiert letzten Endes nur der Meßauschlag, der bei einer bestimmten zur Verfügung stehenden und auf den Empfänger gegebenen Strahlungsleistung erreicht wird. Wie dabei dieser Meßauschlag selbst erreicht wird, ob durch bessere Optik oder durch bessere Strahlungsempfänger, bleibt bei der Betrachtung von Hettner und Dahlke gleichgültig. Die Gleichung des Leistungsfaktors des Thermoelementes, aber bringt hervor:

$$M = \frac{1}{V} R^{\frac{1}{2}} \cdot S_0$$

zum Ausdruck, daß die Empfindlichkeit $S_0 = \frac{1}{0.47} \cdot V^{\frac{1}{2}}$ ist.

Wenn also, wie es bei zweckmäßiger Auslegung der Empfänger tatsächlich ist, M von V , R und T weitgehend unabhängig bleibt, dann folgt daraus, daß S_0 umgekehrt proportional $V^{\frac{1}{2}}$ abnimmt, wenn die Fläche geschränkt werden kann, um so größer wird S_0 , und damit wird bei vorgegebener auf die Empfängerfläche konzentrierter Strahlungsleistung der Meßauschlag oder die Gesamtleistung der Strahlungs-

fängerfläche so aufeinander abzustimmen, daß bei dem vorgesehenen R und T , die ihrerseits von der Auslegung des Verstärkers und der Modulationsfrequenz, besser gesagt, von den Regelungstechnischen Daten des Meß- bzw. Registrierautomaten abhängen, ein Maximum für S_0 zu erreichen.

II. Es sind in der Literatur zwar viele Stellen zu finden, in denen von der Empfindlichkeit der vorgestellten Strahlungsempfänger gesprochen wird. Sie haben aber alle den Mangel, daß nähere Einzelheiten über die Messung der selben entweder gar nicht oder nur spärlich gegeben werden. Daß es sich um Temperaturstrahler handelt, ist in den wenigsten Angaben darüber gemacht worden, sind, wie die Messungen durchgeführt wurden, ist zu entnehmen, daß man in einfacher Weise mit einer bekannten Strahlungsquelle, Hefnerkerze oder Hohlraumstrahler, den Empfänger in einem bestimmten Abstand bestrahlt und die dabei

methoden die effektive Empfängerfläche kleiner anzugeben als sie tatsächlich ist oder, metallische Verkleidung des Thermoelementes durch die Flächenelemente F zu verhindern, so daß sie nach Reflexion zusätzlich Strahlen auf die Empfängerfläche werfen, um eine größere Empfindlichkeit zu erhalten als tatsächlich vorhanden ist. Gleiches kann durch irgendwelche reflektierende Flächen im Innern des Thermoelementes bewirkt werden.

Alle verstärkenden Einflüsse mittels Reflexionen aber haben mit der eigentlichen Empfindlichkeit des Empfängerelements selbst nichts zu tun, sondern haben lediglich als optische Mittel zur Konzentrierung der Strahlung zu gelten, die bei einer solchen Anwendung, Modifikation z. B. eine scheinbare Erhöhung der Empfindlichkeit bewirken können,

aber die für die Beurteilung der tatsächlichen Leistungsfähigkeit des Strahlungsempfängers selbst bedeutungslos sind. Bei der Verwendung des Strahlungsempfängers, z. B. in einem Monochromator oder UR-Spektrometer, ist es die Aufgabe einer gut ausgelegten Optik, die gesamte zur Verfügung stehende Strahlungsleistung auf den Empfängerplatz zu konzentrieren; bei der Lösung dieser Aufgabe sind aber solche reflektierende Mittel, wie sie oben beschrieben sind, Nutzen.

Welche Diskrepanzen sich zwischen solchen einfachen Meßmethoden und exakten Messungen ergeben können, dafür ein Beispiel an einem käuflich erworbenen Hochlautsprecher, mit Hefnerkerze ohne Abbildungsspitze ergab sich unter Zugrundeziehung der vom Hersteller angegebenen Empfängerfläche von $F = 0.4 \cdot 0.02 = 0.008 \text{ cm}^2$ eine Empfindlichkeit von $S_0 = 18 \text{ Volt/Watt}$, die mit dem Prospekt angegebenen Wert von 10 Volt/Watt übereinstimmt. Nach der Verwendung der entsprechenden Empfängerfläche mittels Modifikationskopf aber ergab eine solche von $F = 0.4 \cdot 0.07 = 0.028 \text{ cm}^2$.

Würde man diese für die Empfindlichkeitsmessung einsetzen, dann würde S_0 um weniger als $\frac{1}{3}$ des objektiven Wertes fallen. Diese Rechnung über ergibt für das betreffende Thermoelement eine geringere Empfindlichkeit als tatsächlich erreicht werden kann, weil die örtliche Empfindlichkeit über die Empfängerfläche hinweg auf die Ränder zu abfällt, und die Beleuchtung, wie sie eine direkte Abstrahlung auf die Empfängerfläche durchaus reicht, ist. Bei Anwendung unserer exakten Meßmethode unter Berücksichtigung auf die angegebene effektive Empfängerfläche von $F = 0.4 \cdot 0.02 = 0.008 \text{ cm}^2$ ergibt sich eine effektiv vorhandene Empfindlichkeit von 10 Volt/Watt. Da außerdem eine Zeitkonstante von 48 msec anstelle der angebotenen 30 msec festgestellt wurde, ergab sich ein wesentlich kleinerer effektiver Leistungsfaktor als laut Prospekt dafür zugesagt worden war, nämlich $M = 0.23$.

Unsere Meßanordnung ist in Bild 1 schematisch dargestellt. Ein Schaltern befindet sich im Bild 1 schematisch dargestellt. Hat einen Hohlraumstrahler, der unter Berücksichtigung aller hierfür bekannten Bedingungen gebaut und mit geeignetem Drehspiegel 1 und Verschlußblende 3 ausgerüstet ist, in die als Strahlungsquelle wirksame Innenwand ist ein von DAMG geeichtes Pt-PtRh-Thermoelement T eingebaut worden, dessen Thermospannung über ein Präzisions-Millivoltmeter M gemessen wird. Gleichzeitig wird im Falle, daß mit einer Temperatur von 0°C gearbeitet wird, durch einen ebenfalls vom DAMG geeichten optischen Parameter P kontrolliert, wodurch exakt Veränderungen der Temperatur-Temperatur-Beziehung rechtzeitig entdeckt werden können. Bei einer zweiten von uns benutzten Meßanlage mit Temp-

taturen um 250°C wird die Temperatur regelmäßig durch mehrere Präzisions-Qualitätsthermometer kontrolliert, die durch Öffnungen in einem bis an die Innenwand gehaltenen Spalt in die Strahlungswallung eingesetzt werden. Dadurch sind größere Fehlerauswirkungen auf Strahlertemperatur praktisch ausgeschlossen. Die Strahlung des Strahlers wird über den Spiegel Sp I im Verhältnis 1:1 abgebildet, und zwar zur Vermeidung astigmatischer Fehler unter möglichst kleinen Neigungswinkel φ . An der Stelle dieses Bildes befindet sich die Spaltblende B, die nach Länge und Breite so eingestellt wird, daß sie eine etwas kleinere Fläche als die Empfängerfläche ergibt. Dieser Spalt wird Sp II genannt. Über dem Spalt befindet sich ein Spaltblind B, der ebenfalls klein ist und das Spaltbild selbst etwas kleiner ist als die Empfängerfläche, gesichert, daß nicht mehr und nicht weniger als die gesamte durch den Spalt kommende Strahlungsleistung auf die Empfängerfläche fällt.

Der Strahlungsempfänger ist auf einer solchen Montierung befestigt, daß er feinfühlig nach Seite, Höhe, Entfernung von Sp II und um seine eigene Achse zu verstehen ist. Mit Hilfe dieser Verstellungen ist der Empfänger mit größter Sorgfalt so einzustellen, daß die am Kompressionswiderstand R2 ableisbare Spannung U ihr Maximum erreicht. Dabei ist dann, unter der Voraussetzung, daß die Strahlungswallung auf der Strahlertemperatur konzentriert ist, die Nullstellung des Galvanometers N zu erwarten.

Welche Diskrepanzen sich zwischen solchen einfachen Meßmethoden und exakten Messungen ergeben können, dafür ein Beispiel an einem käuflich erworbenen Hochlautsprecher, mit Hefnerkerze ohne Abbildungsspitze ergab sich unter Zugrundeziehung der vom Hersteller angegebenen Empfängerfläche von $F = 0.4 \cdot 0.02 = 0.008 \text{ cm}^2$ eine Empfindlichkeit von $S_0 = 18 \text{ Volt/Watt}$, die mit dem Prospekt angegebenen Wert von 10 Volt/Watt übereinstimmt. Nach der Verwendung der entsprechenden Empfängerfläche mittels Modifikationskopf aber ergab eine solche von $F = 0.4 \cdot 0.07 = 0.028 \text{ cm}^2$.

Würde man diese für die Empfindlichkeitsmessung einsetzen, dann würde S_0 um weniger als $\frac{1}{3}$ des objektiven Wertes fallen. Diese Rechnung über ergibt für das betreffende Thermoelement eine geringere Empfindlichkeit als tatsächlich erreicht werden kann, weil die örtliche Empfindlichkeit über die Empfängerfläche hinweg auf die Ränder zu abfällt, und die Beleuchtung, wie sie eine direkte Abstrahlung auf die Empfängerfläche durchaus reicht, ist. Bei Anwendung unserer exakten Meßmethode unter Berücksichtigung auf die angegebene effektive Empfängerfläche von $F = 0.4 \cdot 0.02 = 0.008 \text{ cm}^2$ ergibt sich eine effektiv vorhandene Empfindlichkeit von 10 Volt/Watt. Da außerdem eine Zeitkonstante von 48 msec anstelle der angebotenen 30 msec festgestellt wurde, ergab sich ein wesentlich kleinerer effektiver Leistungsfaktor als laut Prospekt dafür zugesagt worden war, nämlich $M = 0.23$.

Unsere Meßanordnung ist in Bild 1 schematisch dargestellt. Hat einen Hohlraumstrahler, der unter Berücksichtigung aller hierfür bekannten Bedingungen gebaut und mit geeignetem Drehspiegel 1 und Verschlußblende 3 ausgerüstet ist, in die als Strahlungsquelle wirksame Innenwand ist ein von DAMG geeichtes Pt-PtRh-Thermoelement T eingebaut worden, dessen Thermospannung über ein Präzisions-Millivoltmeter M gemessen wird. Gleichzeitig wird im Falle, daß mit einer Temperatur von 0°C gearbeitet wird, durch einen ebenfalls vom DAMG geeichten optischen Parameter P kontrolliert, wodurch exakt Veränderungen der Temperatur-Temperatur-Beziehung rechtzeitig entdeckt werden können. Bei einer zweiten von uns benutzten Meßanlage mit Temp-

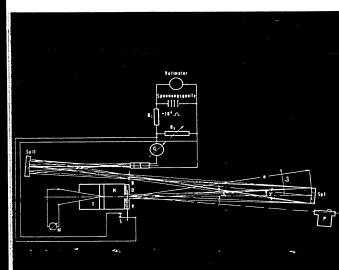
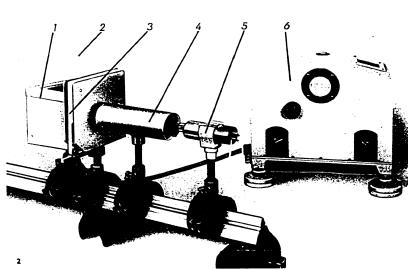


Bild 1: Schema der Mebanordnung für absolute Empfindlichkeitsmessungen. 1 Strahler, 2 Schalter, 3 Hohlraumstrahler, 4 Rohr für Abschirmung von Strahlung, 5 Halter mit Thermoelement, 6 Galvanometer.



maßanordnung um so größer, je kleiner die Empfängerfläche werden kann.

Eine solche Verkleinerung der Empfängerfläche hat aber selbstverständlich nur Sinn, wenn es mit Hilfe optischer Mittel möglich ist, die Verkleinerung so zu gestalten, daß die Empfängerfläche zu einem gewissen Grade unverändert bleibt.

Optische Mitteln, die eine Verkleinerung ohne Verlust der Empfängerfläche zu ermöglichen, kann man in unterschiedlichen

optischen Mitteln wie infolge schlechter Abbildung ein Teil der Strahlungsleistung, an der Empfängerfläche vorbeigehen und dadurch für den Meßauschlag verloren gehen, wodurch sich anstelle eines Gewinnes durch Verkleinerung der Empfängerfläche dann eine Abnahme der Gesamtleistung der Meßanordnung ergeben würde. Die Aufgabe der Optik besteht also darin, unter Berücksichtigung der Gleichung für den Leistungsfaktor M des vorgesehenen Strahlungsempfängers die Konzentrierung der Strahlungsleistung und die Emp-

findlichkeit $S_0 = \frac{1}{V} R^{\frac{1}{2}}$

Wie bereits in dem vorangegangenen Artikel angedeutet wurde, kann eine solche einfache Meßmethode nicht als exakt anerkannt werden und nicht zu den empfohlenen Leistungsgleichungen zwischen Empfänger- und verschiedenen Konstellationen führen. Dass diese Behauptung richtig ist, ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, daß es schon genügt, bei dieser Meß-

methode die effektive Empfängerfläche kleiner anzugeben als sie tatsächlich ist oder, metallische Verkleidung des Thermoelementes durch die Flächenelemente F zu verhindern, so daß sie nach Reflexion zusätzlich Strahlen auf die Empfängerfläche werfen, um eine größere Empfindlichkeit zu erhalten als tatsächlich vorhanden ist. Gleiches kann durch irgendwelche reflektierende Flächen im Innern des Thermoelementes bewirkt werden.

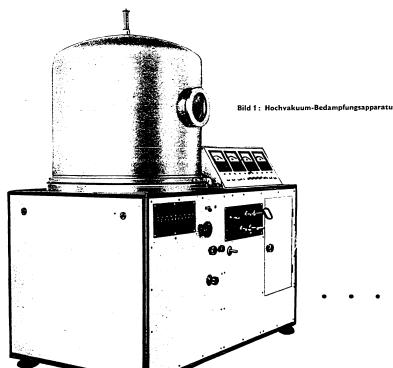
Alle verstärkenden Einflüsse mittels Reflexionen aber haben mit der eigentlichen Empfindlichkeit des Empfängerelements selbst nichts zu tun, sondern haben lediglich als optische Mittel zur Konzentrierung der Strahlung zu gelten, die bei einer solchen Anwendung, Modifikation z. B. eine scheinbare Erhöhung der Empfindlichkeit bewirken können,

aber die für die Beurteilung der tatsächlichen Leistungsfähigkeit des Strahlungsempfängers selbst bedeutungslos sind. Bei der Verwendung des Strahlungsempfängers, z. B. in einem Monochromator oder UR-Spektrometer, ist es die Aufgabe einer gut ausgelegten Optik, die gesamte zur Verfügung stehende Strahlungsleistung auf den Empfängerplatz zu konzentrieren; bei der Lösung dieser Aufgabe sind aber solche reflektierende Mittel, wie sie oben beschrieben sind, Nutzen.

Welche Diskrepanzen sich zwischen solchen einfachen Meßmethoden und exakten Messungen ergeben können, dafür ein Beispiel an einem käuflich erworbenen Hochlautsprecher, mit Hefnerkerze ohne Abbildungsspitze ergab sich unter Zugrundeziehung der vom Hersteller angegebenen Empfängerfläche von $F = 0.4 \cdot 0.02 = 0.008 \text{ cm}^2$ eine Empfindlichkeit von $S_0 = 18 \text{ Volt/Watt}$, die mit dem Prospekt angegebenen Wert von 10 Volt/Watt übereinstimmt. Nach der Verwendung der entsprechenden Empfängerfläche mittels Modifikationskopf aber ergab eine solche von $F = 0.4 \cdot 0.07 = 0.028 \text{ cm}^2$.

Würde man diese für die Empfindlichkeitsmessung einsetzen, dann würde S_0 um weniger als $\frac{1}{3}$ des objektiven Wertes fallen. Diese Rechnung über ergibt für das betreffende Thermoelement eine geringere Empfindlichkeit als tatsächlich erreicht werden kann, weil die örtliche Empfindlichkeit über die Empfängerfläche hinweg auf die Ränder zu abfällt, und die Beleuchtung, wie sie eine direkte Abstrahlung auf die Empfängerfläche durchaus reicht, ist. Bei Anwendung unserer exakten Meßmethode unter Berücksichtigung auf die angegebene effektive Empfängerfläche von $F = 0.4 \cdot 0.02 = 0.008 \text{ cm}^2$ ergibt sich eine effektiv vorhandene Empfindlichkeit von 10 Volt/Watt. Da außerdem eine Zeitkonstante von 48 msec anstelle der angebotenen 30 msec festgestellt wurde, ergab sich ein wesentlich kleinerer effektiver Leistungsfaktor als laut Prospekt dafür zugesagt worden war, nämlich $M = 0.23$.

Unsere Meßanordnung ist in Bild 1 schematisch dargestellt. Hat einen Hohlraumstrahler, der unter Berücksichtigung aller hierfür bekannten Bedingungen gebaut und mit geeignetem Drehspiegel 1 und Verschlußblende 3 ausgerüstet ist, in die als Strahlungsquelle wirksame Innenwand ist ein von DAMG geeichtes Pt-PtRh-Thermoelement T eingebaut worden, dessen Thermospannung über ein Präzisions-Millivoltmeter M gemessen wird. Gleichzeitig wird im Falle, daß mit einer Temperatur von 0°C gearbeitet wird, durch einen ebenfalls vom DAMG geeichten optischen Parameter P kontrolliert, wodurch exakt Veränderungen der Temperatur-Temperatur-Beziehung rechtzeitig entdeckt werden können. Bei einer zweiten von uns benutzten Meßanlage mit Temp-



Über die Haltbarkeit und sachgemäße Behandlung optischer „Vergütungs-Schichten“

Hubert Pohlack

Der Begriff „Vergütung“ erinnert an bekannte hüttenkundliche Verfahren, die zur Verbesserung der Festigkeits-eigenschaften metallischer Werkstoffe, z. B. zur Härtung von Stählen und Stahllegierungen angewandt werden. Auch bei der „optischen Vergütung“, die Gegenstand dieses Aufsatzes ist, handelt es sich um die Ergebnisse von Veränderungen an der Oberfläche eines Werkstoffes – in diesem Falle des Glases – allein nicht – in dem Sinne einer Strukturumwandlung des Materials, wie das beim metallurgischen Ver-gütungsprozeß der Fall ist; vielmehr interessieren hier allein die optischen Oberflächeneigenschaften. Die Glasoberfläche zeigt ja bekanntlich Gesetzmäßigkeiten im Verhalten gegenüber auftreffendem Licht. Die „entfallende“ Lichtenergie wird an dieser Grenzfläche (Luft/Glas) zu einem bestimmten Bruchteil reflektiert und gelangt als Reflexionslichtstrahl wieder in das Innere des zweiten Mediums ein. Dieser Begriff ist insofern etwas ungewöhnlich, als er mit anderen Worten durch die Großschrift hindeutet. Die Glasvergütung, den Begriff in seiner vollen Allgemeinheit aufgefasst, setzt sich zum Ziel, diese Reflexions- und Transmissionsfunktion optischer Glasoberflächen in manigfachen Weise abzuwandeln und die gewonnenen Eigenschaften für verschiedene Zwecke nutzbar zu machen. Technologisch wird dies durch „Aufbringen“ neuer Schichten erreicht, freilich nicht ohne, daß die Optik-Oberfläche möglichst unverändert bleibt. Die Anwendung auf die Anwendung des Hochvakuum-Aufdampfverfahrens, bewirkt eine moderne „Hochvakuum-Bedämpfungsanlage“ ist in Bild 1 zu sehen. Die Herstellung der optischen Schichtsysteme oder

theoretische Einzelheiten über deren optische Wirkung sollen hier aber nicht behandelt werden; über dieses Themen findet man in der Fachliteratur Angaben in jeder gewünschten Ausführlichkeit (s. Literaturverzeichnis). Vielmehr werden im folgenden eine Reihe von Fragen geklärt und Hinweise gegeben, die für die Praxis des optischen Aufdampfverfahrens, insbesondere der Optik wichtig sind. Dabei werden wir uns in Absprache der Vielzahl der verschiedenartigen optischen Konstruktionselemente, die auf der Grundlage der optischen Schichten entwickelt wurden und im Gebrauch sind, auf zwei optische „Vergütungssysteme“ beschränken, mit denen es den Benutzer optischer Geräte und Instrumente am häufigsten zu tun hat.

Reflexmindernde Schichten (Zeiss-, T-Belag*)

Eine reflexionsvermindernde Schicht bewirkt, wie der Name sagt, eine Verringerung der von der Glasoberfläche reflektierten Lichtintensität; man kann auch von einer fast vollständigen „Reflexionsauslöschung“ oder „Entspiegelung“ des Glases sprechen. Durch diese Maßnahme wird eine beträchtliche Verbesserung der Gesamtfunktion des optischen Systems erzielt, indem durch Beseitigung der ansonsten zwischen den einzelnen Optikteilen bestehenden Reflexionen der Bildkontrast merklich erhöht und die Intensität des durch das System hindurchtretenden Lichtes gesteigert wird, um nur die wesentlichen Vorteile der Reflexionsminderung zu nennen.

An die Entspiegelungsschichten werden eine Reihe von Qualitätsforderungen gestellt, deren befriedigende Erfüllung für den heutigen hochentwickelten Stand des T-Belags-Verfahrens charakteristisch sind: Einmal müssen die optischen Schicht-eigenschaften so abgestimmt sein, daß die theoretischen Interferenz-Diagramme für einen gegebenen Belag recht gut angepasst werden, doch interessiert diese Aufgabe im folgenden weniger. Zum anderen sollen die Schichten widerstandsfähig sein gegen mechanische Beanspruchung und gegen chemische Angriffe, wie sie bei normaler Verwendung auftreten können.

Auf die ständige Gütesteigerung der optischen Beschichtung wird im VEB Carl Zeiss JENA seit der ersten produktions-mäßigen Anwendung des T-Belages allergrößter Wert gelegt, mit dem Ziel, die optische Leistungsfähigkeit und die Beständigkeitsfähigkeit aufzunehmen. Ihre „Härte“ und „Abriebfestig-keit“ ermöglichen, im Gegensatz zur Anfangszeit der Anwendung des Entspiegelungsverfahrens, ein sorgfältiges Reinigen der beschichteten Flächen, ohne daß eine Ablösung oder starke Beschädigung erfolgt werden muß. Treten trotzdem (z. B. an den Vorderflächen von Photoobjektiven) im Laufe der Zeit, also nach häufigem Reinigen, kleine Kratzer auf, so liegt dies meist darin, daß beim Saubern un�merkt für Kurzzeit einen losen Haaren (Garn, Metallspäne u. a.) über die Fläche hinweggezogen wurden. Dieser Vorgang führt aber auch bei unbeschichteten polierten Glasoberflächen erfahrungsgemäß zu ähnlich feinen Beschädigungen, die in diesem Fall allerdings mit dem unbewußten und ungeschulten Auge kaum wahrgenommen werden. Man bedenke in diesem Zusammenhang, daß Sandkörner, schwere kleine Quarzkristalle sind, die eine hohe „Ritzharde“ besitzen. Wenn ich mich nachwähre, daß nach solchen kleinen Kratzern ein T-Belag oder eine der Optikteile keine Nachteile für die Leistung des optischen Systems zur Folge haben, so bedeuten sie aber doch unerwünschte Schönheitsfehler, die vermeidbar sind, wenn man sorgfältig auf größte Sauberkeit (Staubfreiheit) der Putzlappen achtet und gegebenenfalls vor dem Wischen die Optikoberfläche abpinselt, abputzt oder zuerst die Entfernung von „Ritzkratzen“ zunächst erst einmal ganz leicht („Ganz Dreck“) über einer Handtuchfläche aus. Derartige „beschädigte“ Schichten sind uns schon häufig mit der Frage vorgelegt worden, was nun zu tun sei. Die Antwort hierauf erteilt Bild 2a, welches die gleiche Glas zeigt, nachdem der Fingerabdruck durch Wischen mit einem sauberen Lappen etwa zur Hälfte wieder entfernt wurde: Es hat sich also lediglich um eine additive Verunreinigung der Optikoberfläche gehandelt, die ohne Schwierigkeiten zu beseitigen ist.

Neben den --- bei sachgemäßer Behandlung praktisch ausgeschlossenen --- echten mechanischen Beschädigungen des T-Belages treten jedoch auch eine Reihe von scheinbaren Schäden auf (in unserer Praxisgebrauch „Gesichter“ genannt). Bild 2b zeigt z. B. den Abruck eines Aufdrucks, der auf einer reflexmindernden Schicht mit feuchtem Fingernodruck „reinigt“ mit nicht fettfreiem Tücher, in wird man feststellen, daß größere Bereiche der belebten Optikfläche den Eindruck erwecken, als sei dort der Belag mehr oder minder vollständig „weggelöst“. Bild 2c zeigt z. B. den Abruck eines Schweißringes auf einer zur Hälfte mit T-Belag versehenen Plastikfläche. (Die hellere Hälfte ist der unbelegte Bereich, der mit aufgespritztem Lichen-Polymerat verarbeitet wurde; der Helligkeitsunterschied ist auf den ersten Blick sehr deutlich.) Beide Schichten sind durch die vorzügliche Entspiegelungswirkung des T-Belages.) Derartige „beschädigte“ Schichten sind uns schon häufig mit der Frage vorgelegt worden, was nun zu tun sei. Die Antwort hierauf erteilt Bild 2b, welches die gleiche Glas zeigt, nachdem der Fingerabdruck durch Wischen mit einem sauberen Lappen etwa zur Hälfte wieder entfernt wurde: Es hat sich also lediglich um eine additive Verunreinigung der Optikoberfläche gehandelt, die ohne Schwierigkeiten zu beseitigen.

Wie ist nun aber diese Erscheinung der scheinbaren Schichtablösung zu erklären? Die Reflexionsminderung des T-Belages ist wirksam für die Grenzfläche zwischen den beiden optischen Medien Glas und Luft, und der T-Belag ist nach Dicke und Brechzahl auf diese beiden aneinanderliegenden Medien abgestimmt. Die auf den Belag aufgebrachten und mit ihm in Kontakt stehenden Partikel (z. B. Lippenstift, Fingerabdruck, Fett usw.) bewirken daher eine „optische Sickerung“, da der T-Belag nun nicht zwischen Glas und Luft, sondern zwischen Glas und ein Medium gebettet ist, das sich optisch von

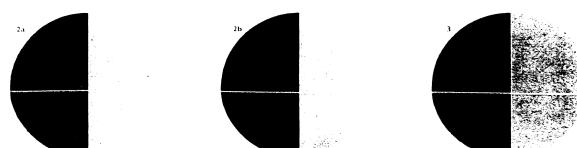


Bild 2: a) Fingerabdruck auf T-Belag, b) Der gleiche Fingerabdruck zum Teil durch Wischen entfernt - Bild 3: Fettverschmierung auf einer zum Teil mit T-Belag versehenen Glasoberfläche ist der entzackte Bereich

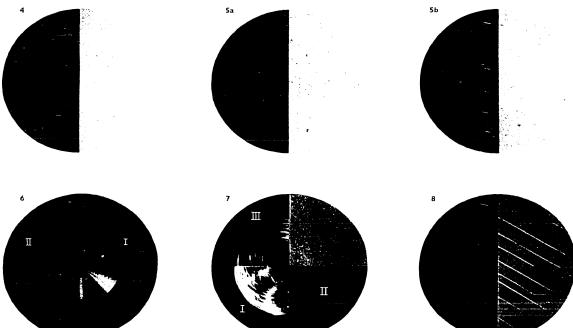


Bild 4: Durch Berührung mit Augenkleber aufgebrachte Verunreinigung auf T-Belag - Bild 5: a) Dispenser auf Glasoberfläche, die zur Hälfte mit T-Belag versehen ist; b) Dispenser vom Teil durch Wischen entfernt - Bild 6: Beantwortung einer Oberflächenangriff durch vorliegende und belastete Wischstempel. Flaschenhälften I: Aluminiumbelag ohne Schutzschicht, Flaschenhälften II: Aluminium - sehr widerstandsfähige Schutzschicht - Bild 7: Beantwortung eines Oberflächenangriffs durch reines Wasser, um belastete Wischstempel zu entlasten. Flaschenhälften I: Aluminiumbelag ohne Schutzschicht, Flaschenhälften II: Aluminium - sehr widerstandsfähige Schutzschicht - Bild 8: Zur Hälfte versiegelter Glasplatte auf polierter Glasoberfläche, die zur Hälfte freier Bereich mit einem hochreflektierenden Belag versehen ist - Bild 9: Zur Hälfte versiegelter Glasplatte mit Fingerabdruck

der Luft merklich unterscheidet. Damit wird aber die optische Wirkung des T-Belages mehr oder minder vollständig aufgehoben, und es entsteht der Eindruck, als sei das Glas an diesen Stellen unbiegelgt, als habe sich der T-Belag „gelöst“. „Gelöst“ ist hier im wahrsten Sinn des Wortes zu verstehen, denn wie auf Bild 3 ist wieder eine zur Hälfte entspiegelte Glasplatte zu sehen; über die Grenze zwischen beiden Zonen breitet sich eine verschmierte Fettschicht (Vaseline) aus. Während auf der belegten Hälfte der störende Effekt deutlich wahrnehmbar ist (der verschmierte Bereich wirkt wie „unbelagt“), bemerkt man auf der anderen Flächenhälfte eine nur relativ geringfügige Wirkung. Bild 4 zeigt eine von Augenkleber aufgebrachte streifige (fettähnliche) „Fingerabdruck“-ähnliche Oberfläche. Diese kann leicht abgemalen werden, ohne die Glasschicht zu verletzen. Ein solches Experiment für die Glasbeobachtung leicht auftreten kann. Die Glasplatte nach Bild 5 zeigt Wischspuren auf, die auf Bild 6 durch einfaches Wischen in einem begrenzten Bereich entfernt wurden.

Zusammenfassend und ergänzend läßt sich folgendes sagen: Ausgedehnte (verunreinigende) Fremdschichten auf dem T-Belag können eine Störung der erwünschten Entspiegelung bewirken. Dieser Effekt ist physikalisch begründet und bei allen Entspiegelungsverfahren grundsätzlich unvermeidbar. Die Optikseitliche verhält sich dann annähernd so, als sei

die Verunreinigung unmittelbar auf die Glasfläche aufgebracht. Nach Entfernen der Fremdschicht wird die gleichmäßige reflektierende Wirkung wieder erreicht. Handelt es sich bei den Verunreinigungen um dicke fettähnliche Substanzen, so kann man sie leicht abmalen mit dem Staub der Atmosphäre versezte Fettreste oder ähnliches, so wird man durch einfaches trockenes Wischen hin und wieder nicht zum Ziel kommen oder möglicherweise die Verunreinigung lediglich von einer Stelle auf die andere übertragen. Es besteht dann der Wunsch, beim Reinigen etwa ein fettlösendes Mittel anzuwenden. Das führt uns zur Frage der „chemischen Beständigkeit“ des T-Belages. Zunächst ist festzustellen, daß leimfettähnliche fettlösende Mittel wie Alkohol, Aceton, Benzol, Petrol, Kerosin, Zelluloseal und Ähnliches angewendet werden können. (Daß diese Mittel selbst nicht fettlösend sind, weil man auch auf die Fläche „verschmiert“, versteht sich von selbst.) Auch reines Wasser zum Abwaschen verkrustete Schmutzteilchen oder vorzeitiges Anhauchen tuen gute Dienste.

Andererseits muß die Oberfläche vor der Einwirkung von chemisch aggressiven Flüssigkeiten, z.B. konzentrierten Säuren und Laugen geschützt werden. Dabei ist meist nicht einmal so sein, daß die Angreifbarkeit des T-Belages selbst maßgebend wie die des darunter liegenden Glases. Bekanntlich werden

die optischen Glassorten nach Säure- und hydrolytischen Klasse eingeteilt, woraus man entnehmen kann, daß die Glassubstanz selbst mehr oder weniger beständig gegen derartige Einwirkungen ist. Da der T-Belag aber ein außerordentlich geringe Dicke besitzt (sie beträgt ziemlich genau ein Zehntausendstel eines Millimeters), können aggressive Flüssigkeiten durch vorhandene winzige Poren der Einspiegelungsschichten zur Glasoberfläche diffundieren und im Laufe der Zeit Zerstörungen verursachen. In derartigen angegriffenen Bereichen des Glases treten dann häufig farbige Flecke auf, wie sie in dünnen Oberflächenabschichten verschiedenartig vorkommen, mit denen T-Belag durch optische Interferenzerscheinungen hervorgerufen kann. Um dies zu vermeiden, sollte die Optik gründlich gereinigt werden, wenn Säurespritzer oder dgl. unvermeidbar waren. Zusammenfassend und ergänzend zur „chemischen Beständigkeit“ des T-Belages kann gesagt werden, daß die kurzzeitige Anwendung chemisch „neutraler“ Reinigungsmittel keine Nachteile bewirken, während chemisch aggressive Substanzen (aber auch die tagelange Einwirkung von Wasser auf Grund einer stellenweisen „Auslaugung“ bei empfindlichen Gläsern) zur Flockenbildung führen können.

Wir werden uns jetzt einem zweiten wichtigen optischen „Vergütungssystem“ zuwenden.

Oberflächenschiegel

Hochwertige Aufhängungsspiegel müssen, im Gegensatz zu den aus dem täglichen Leben bekannten einfachen Gegenbauspiegeln, ein Oberflächenspiegel ausgebildet werden. Zur Oberflächenvorgabe werden lichtundurchlässige Metallschichten im Hochvakuum auf die Vorderfläche des Glaskörpers aufgedampft.

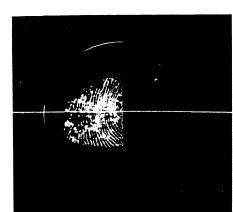
Derartige Spiegel galten vor nicht allzu langer Zeit als außerordentlich empfindliche optische Konstruktionselemente, die aus diesem Grunde nur mit Zurückhaltung benutzt wurden. Das Reinen eines Oberflächenspiegels ohne starke Beeinträchtigung der optischen Ausleuchtung gestaltete eine Arbeit, die unumstößlich war; bereits die entfernung durch Aspirin konnte zu sichtbaren Verunreinigungen des Belags führen. Heute liegen diese Dinge unvergleichlich viel günstiger: Als metallischer Spiegelbelag wird Aluminium wegen seiner guten optischen Eigenschaften und seiner relativ hohen Hafteinheit bevorzugt. Die Bindungsfestigkeit zwischen Metallbelag und Glasträger wird durch langjährig erprobte technologische Maßnahmen noch weiter erhöht und es kann weiterhin Aluminumbelag durch entsprechende chemische, sehr dünne, aber harte und optisch wirkende „Schutzschichten“ gegen mechanische Beschädigungen geschützt. Gerade in den letzten Jahren sind bei uns auf diesem Gebiet entscheidende Fortschritte erzielt worden, die im folgenden anschaulich demonstriert werden sollen.

Im Bild 6 ist ein Aluminium-Oberflächenspiegel wiedergegeben, welcher auf der einen Hälfte den ungeschützten Metallbelag trägt, während die andere Hälfte mit einer bei uns entwickelten, neuartigen „Metall-Metall“-Schutzschicht versehen ist. Beide Bereiche wurden gleichzeitig durch den über die Schichtgrenze hinweggleitenden (rotierenden) und belasteten Wischstempel eines Prüfgerätes auf ihre mechanische Widerstandsfähigkeit hin geprüft. Während auf der ungeschützten Seite stärkste Wischspuren zu sehen sind, ist die andere Seite frei von jeder Ver-

letzung geblieben. Der Spiegel Bild 7 zeigt das Ergebnis bei Anwendung der gleichen Versuchsanordnung „seitwärts Vergleich“ des ungeschützten Aluminiums (Sektor I) mit der Schutzschicht (Sektor II) und einer früher fast ausschließlich angewandten, etwas weniger widerstandsfähigen Schutzschicht (Sektor III). Der erreichte hohe Stand des Oberflächenschutzes durch die zusätzlich aufgebrachten Schichten läßt sich aus dieser Darstellung gut übersetzen. Für die Reinigung eines mit Schutzschicht versehenen Oberflächenspiegels gelten sinngemäße Aussagen wie für den T-Belag. Einzig ist allein die Art der Reinigung, die auf die Schutzschicht keinen Verlust hat, von dem ungeschützten Bereich gut wie nicht wahrzunehmen sind, treten sie in dem vergüteten Bereich sehr deutlich hervor. Die Reflexionsrichtung paßt sich nämlich auf Grund ihrer außerordentlich geringen Dicke (sie beträgt etwa ein zehntausendstel Millimeter) allen Unebenheiten der Unterlage ideal an, so daß eine gleichmäßige Kratzspuren angebracht, anschließend wurde zur Hälfte ein Verspiegelungsbeflag aufgedampft, so daß die Kratzer zum Teil von der Metallbeschichtung überdeckt werden. Eine Verstärkung des dem ungeschützten Bereich gut wie nicht wahrzunehmen sind, treten sie in dem vergüteten Bereich sehr deutlich hervor. Die Reflexionsrichtung paßt sich nämlich auf Grund ihrer außerordentlich geringen Dicke (sie beträgt etwa ein zehntausendstel Millimeter) allen Unebenheiten der Unterlage ideal an, so daß an solchen Unregelmäßigkeiten der Glasoberfläche die charakteristische Reflexion gestoppt wird und sie Kratzer und andere Unebenheiten des Glasoberflächen-Gitters auf die Spiegeloberfläche abstrahlen. Entsprechendes demonstriert Bild 9 an einem Schwingspiegel-Abdruck. Diese Tatsache zwinge zu der Forderung, beim Reinigen eines Oberflächenspiegels noch peinlicher auf Sauberkeit des Putzputzes oder dgl. zu achten als dies beim T-Belag notwendig ist.

Zusammenfassung

Es wurde über die sachgemäße Behandlung optischer Vergütungsschichten im praktischen Gebrauch berichtet, wobei Entspiegelungs- und Verspiegelungsbeläge als die häufigsten optischen Schichtelemente besondere Beachtung fanden. An mehreren Beispielen wurde eine Reihe echter wie scheinbarer Erfahrungen gezeigt. Beim heutigen hohen Stand der op-



tischen Vergütungstechnik werden keine praktisch unerfüllbaren Vorsichtsmaßnahmen für die Behandlung vergüteter Optik gefordert; es muß jedoch Verständnis für die Funktion optischer Schichten aufgebracht werden, um Beschädigungen zu vermeiden bzw. Schäden zu beseitigen.

Literatur über dünne optische Schichten

a) Größere zusammenfassende Arbeiten:

H. MAURE, Physik dünner Schichten, Bd. I, Wiss. Verlagsgesellschaft, Stuttgart (1950).

G. V. ROSENKIN, Die Vielfachstrahlinterferometrie und die Interferenz-Lichtfilter, Fortschritte der phys. Wiss. (sowjet.) 47 (1952), 2, 173.

S. MAYERHOF, Dünne Schichten, VEB Wih. Knapp Verlag, Halle (1953).

O. S. HALL, Optical properties of thin solid films, Butterworth Scient. Publ., London (1955).

A. VASICEK, Optika tenyckých vrstev, Nakl. Česk. Ak. VED, Praha (1956).

H. PÖHLACK, Dünne optische Schichten - Über die Aufgaben der optischen Glasvergütung, Feingerätetechnik 6 (1957).

b) Nähere Einzeldarstellungen aus dem Bereich des VEB Carl Zeiss Jena:

K. SCHÜSTER, Anwendung der Vierpoltheorie auf die Probleme der optischen Reflexionsminderung, Reflexionsverstärkung und der optischen Filter, Ann. Phys. 6 (1949), 352.

S. BUCH, Oberflächenvergütung von photographischen Linsen, Z. Wiss. Photogr. 45 (1949), 124.

H. PÖHLACK, Theoretische und graphische Methoden zur Lösung optischer Interferenzprobleme bei dünnen Schichten, Ann. Phys. 6 (1950), 311 und Jenauer Jahrbuch 1950, 125.

S. BUCH, Über die Farbe reflektionsmindernder Schichten, Z. Wiss. Photogr. 45 (1950), 212.

S. BUCH, Optische Messungen auf aufgedampften reflexionsmindernden Einfachfiltern, Jenauer Jahrbuch 1951, 137.

H. PÖHLACK, Zur Unkehrebarkeit der Lichtwege in geschichteten Systemen, Ann. Phys. 6 (1952), 145.

H. PÖHLACK, Zum Problem der Reflexionsminderung optischer Gläser bei nicht senkrechtem Lichteinfall, Jenauer Jahrbuch 1952, 103.

H. PÖHLACK, Die Synthese optischer Interferenzschichtsysteme

mit vorgegebenen Spektraleigenschaften, Jenauer Jahrbuch 1952, 181.

H. PÖHLACK, Beitrag zur Theorie optischer Interferenzschichtsysteme mit vorgegebenen Spektraleigenschaften, Ann. Phys. 6 (1953), 383.

H. PÖHLACK, Beitrag zur Optik dünner Metallschichten, Jenauer Jahrbuch 1953, 241.

H. PÖHLACK, Über die Wellenoptischen Vorgänge in Interferenzschichtsystemen mit Hilfe linearer Wechselstromschaltungen zu Meß- und Demonstrationszwecken, Feingerätetechnik 2 (1953), 499.

H. PÖHLACK, Über homogene Zweifachschichten zur Reflexionsminderung und deren Anwendbarkeit in der Praxis, Jenauer Jahrbuch 1951, 144.

S. BUCH, Verminderung von Lichtverlusten und Kontraststörungen bei optischen Geräten, Feingerätetechnik 3 (1955), 251.

H. PÖHLACK, Über die Lichtabsorption in durchdringlichen Metallschichten, Jenauer Jahrbuch 1954, 1.

H. PÖHLACK, Über die Lichtleitung durch dünne Metallschichten, Jenauer Jahrbuch 1954 II, 420.

H. PÖHLACK, Der Einfluß der Lichtwellenlängen auf die Beleuchtung (Entspiegelung), Beitrag im „Handbuch d. Werkleiter“.

H. PÖHLACK, Beitrag zur Theorie optischer Interferenzschichtsysteme mit vorgegebenen Spektraleigenschaften, Abdruck in: Optics of Thin Layers, Tokyo 1955.

H. PÖHLACK, Zur Theorie der absorptionsfreien achromatischen Lichtleistungsspiegel, Jenauer Jahrbuch 1956 im Ersten Band.

H. PÖHLACK, Über die reflektionsmindernde Wirkung dünner Metallschichten auf Glas, Jenauer Jahrbuch 1956 im Ersten Band.

H. PÖHLACK, Synthese stauartig tenyckých vrstev s danou spektrální propustností (Über Methoden zur Synthese dielektrischer Interferenzschichtsysteme mit vorgegebener spektraler Durchlässigkeit), In: Vasicek, Optika Tenyck Vrstev, Praha 1956, 274 - 282.

H. PÖHLACK und H. KOHL, Zur Anwendung trichromatischer Filtersystems beim Farbenfilter, Jenauer Jahrbuch 1957 im Ersten Band.

H. PÖHLACK und S. STROBL, Untersuchungen an optischen Glasoberflächen vor der Hochvakuumbedämpfung, Jenauer Jahrbuch 1957 im Ersten Band.

H. PÖHLACK, Die Synthese optischer Interferenzschichtsysteme

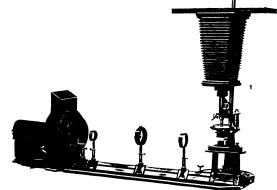
„Die Schranken der eigenen Kraft soll ermessnen können, aus der Erkenntnis solcher Schranken aber nicht Entmutigung zu schöpfen, sondern den Antrieb zum fortwährenden Suchen nach dem wirklichen Erfolge.“ ist auch ein Motto, ... oder wie Einstein es meinte.

„In der Tat gibt es keine schärfere Probe auf die Richtigkeit und Vollständigkeit wissenschaftlicher Theorien als den Versuch, mit ihrer Hilfe komplexe

Vorgänge und Effekte, auf welche sie Anwendung finden, in allen Einheiten vorauszubestimmen; jeder Mangel und jede Lücke kommt daher an dem

Mittel des Versuchs sicher zum Vorschein.“

Über 50 Jahre Gedächtnis-Schule zur Feier des 50-jährigen Jubiläums des Jenauer Zeiss-Werkes



Die Zeiss'schen Geräte für Fluoreszenzmikroskopie

LUDWIG OTTO

Die Lumineszenzverfahren wurden vor mehr als 40 Jahren in die Mikroskopie eingeführt und erfreuen sich seitdem einer immer steigenden Beachtung. Es gibt heute kaum eine mikroskopisch interessante Disziplin der biologisch-medizinischen Wissenschaften, die nicht mit dem Fluoreszenzmikroskop oder speziellen Untersuchungen das Lumineszenz- oder Fluoreszenzmikroskop benutzt. Beide Bezeichnungen gelten für das gleiche Gerät, sie beziehen sich nur auf eine konventionell getroffene Unterscheidung in den Vorgängen der Energieumsetzung im Objekt.

Im allgemeinen sollte man von Fluoreszenzmikroskopie unterscheiden, daß die die Wirkung beobachteten Lichterscheinungen wesentlich abhängen von einer Einkerbung der Struktur des Objekts, also Fluoreszenzmarkierung ist. Die Phosphoreszenz, die erst nach Ablauf der Erregungszeit sichtbar wird, also ein Nachleuchten darstellt, hat bisher wesentlich selterner das Interesse der Mikroskopiker gefunden.

Dieser rein zeitmäßig bedingte Unterschied in der Strahlung des Objekts auf Form und Ausprägung des Mikroskops kommt im Einfuß, es sei daher im folgenden die Bezeichnung „Fluoreszenzmikroskopie“ nicht katalogmäßige Bezeichnungen verwendet werden müssen.

Jedes Fluoreszenzmikroskop besteht aus einem kurzweligen Spektralbereich bis etwa $\lambda = 435 \text{ nm}$, möglichst intensiven Lichtquelle, einer Filteranlage mit verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten und einem Mikroskop, dessen optische Ausstattung fluoreszenzfähig und zum Teil wenigstens für die jeweils erforderliche Wellenlänge der Erregungsstrahlung freilässt. Die Drehung und Bewegungsfähigkeit des Objektträgers und des Beobachtungssystems sind ebenso wichtig wie das Benutzen auf verschiedene und unterschiedliche Eigenschaften des Beobachtungsfeldes abgestimmt. Das ist es, was die Beobachtung der Fluoreszenzmikroskopie mit zweigliedrigem Kasten, zwischen denen Gitter oder die Filterketten angebracht waren, und einem Träger für das Mikroskop, die Filteranlage umfaßte eine Küvette für Nitrosoaminenlösung, das sogenannte Woosche Filter, und ein Zusatzafilter aus Blauvioletglas (Blauultraviolet) der Jenauer Glashütte Schott & Gen. Die Kollimatorlinse waren aus Quarz, desgleichen das anstelle des Mikroskopobjektivs verwendete Umlenkprisma. Das Mikroskop wurde mit einem Okularkondensor ausgestattet, der die Auflösungsfähigkeit der Frontlinse der Aperturen 0.4, 0.8 und 1.3 ermöglichte. Dieser Kondensor wird heute fast nur noch in der Ultraviolett-Mikroskopie eingesetzt. Es wurden

d. h. Fluoreszenzfarbstoffe darstellt. Der den Fluoreszenzfarbstoffen eigentümliche Konzentrationseffekt, d. h. die Abhängigkeit der Wellenlänge des Fluoreszenzlichts von der Konzentration des Farbstoffs z. B. in verschiedenen Geweben, ist eine der ersten und wichtigsten Bilder von hervorragendem Farbkontast. Die Farbwirkungen, die viele Fluoreszenz in verschiedenen Geweben zeigen, kann man zur Gewebedifferenzierung heranziehen.

3. Die Vitalfluoreschromierung ist die schonendste Vitalfärbungsmethode, die wir bislang kennen. Von entscheidender Bedeutung sind hier die außerordentlich niedrige Konzentration der Vitalfluorochrome, die zur Erzeugung kontrastreicher Bilder erforderlich sind.

4. Der technischen Gründe steht die $\mu\text{-Bestimmung}$ nicht nur im toten, sondern auch im lebenden Gewebe mit Fluoreszenzindikatoren eine sehr brauchbare Untersuchungsmethode dar.

Grundlage aller dieser Verfahren ist die geeignete Erregerstrahlung, deren Isolierung im Laufe der Jahr ein immer exakter und bequemer und unter immer geringerem Aufwand gelang. Die Wellenlänge und Intensität des Erregers bestimmen die Beobachtung auf verschiedene und unterschiedliche Eigenschaften des Beobachtungsfeldes enthalten. Das ist es, was die Beobachtung der Fluoreszenzmikroskopie mit zweigliedrigem Kasten, zwischen denen Gitter oder die Filterketten angebracht waren, und einem Träger für das Mikroskop, die Filteranlage umfaßte eine Küvette für Nitrosoaminenlösung, das sogenannte Woosche Filter, und ein Zusatzafilter aus Blauviolet-

glas (Blauultraviolet) der Jenauer Glashütte Schott & Gen. Die Kollimatorlinse waren aus Quarz, desgleichen das anstelle des Mikroskopobjektivs verwendete Umlenkprisma. Das Mikroskop wurde mit einem Okularkondensor ausgestattet, der die Auflösungsfähigkeit der Frontlinse der Aperturen 0.4, 0.8 und 1.3 ermöglichte. Dieser Kondensor wird heute fast nur noch in der Ultraviolett-Mikroskopie eingesetzt. Es wurden

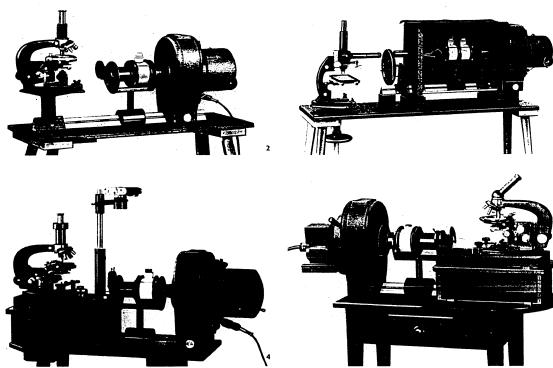
„Die Schranken der eigenen Kraft soll ermessnen können, aus der Erkenntnis solcher Schranken aber nicht Entmutigung zu schöpfen, sondern den Antrieb zum fortwährenden Suchen nach dem wirklichen Erfolge.“ ist auch ein Motto, ... oder wie Einstein es meinte.

„In der Tat gibt es keine schärfere Probe auf die Richtigkeit und Vollständigkeit wissenschaftlicher Theorien als den Versuch, mit ihrer Hilfe komplexe

Vorgänge und Effekte, auf welche sie Anwendung finden, in allen Einheiten vorauszubestimmen; jeder Mangel und jede Lücke kommt daher an dem

Mittel des Versuchs sicher zum Vorschein.“

Über 50 Jahre Gedächtnis-Schule zur Feier des 50-jährigen Jubiläums des Jenauer Zeiss-Werkes



Quarzobjektträger benutzte, die aus Ersparnisgründen nur 20 - 30 mm messen. Um sie bequem handhaben zu können, wurden sie in einem Objektträger nach HEIDENHAIN befestigt. Um zu verhindern, daß Erregerstrahlung in das Mikroskop eindringt und das interessierende Beobachtungsobjekt erreichen konnte, benötigte man ein Doppel- oder Dreifachfilter aus durchlässigen Gläsern, „EUPHOS“. Dieses Glas hat eine Durchlässigkeit, die sich bis zum Jahre 1929 im wesentlichen unverändert erhalten hat (Bild 2), lediglich die ersten Versuche zur Verwendung einer Quecksilberlampe als Erregerlichtquelle aus dem Jahre 1926 sollen erwähnt werden. Der Aufbau aus Lampenhaus, Bogenlampe, Gruppenfilterglocke, lediglich das Lampenhaus wurde den veränderten Anforderungen, die der Quecksilberbrenner S 100 der Quarzlampengesellschaft Hanau stellte, angepaßt und eine Leuchtfeldblende auf Reiter eingeführt. Sonderformen, die von den im Bild 1 und 3 dargestellten Einrichtungen abgeleitet waren, sind das Lumineszenz-Analysengerät, bei dem das Erregerlicht nicht in ein Mikroskop, sondern direkt auf das Untersuchungsobjekt gerichtet wurde. Das Gerät zur Palmestrichmethode, das anstelle des Mikroskops eine Haltewand für das Objekt aufweist.

Im vorliegenden Zusammenhang ist das von Ph. ELINGER und A. HIRT angelegte Intravital-Lumineszenzmikroskop aus dem

Jahre 1929 von größtem Interesse (Bild 3). Es war ein spezielles Auflicht-Fluoreszenzgerät, das zur Beobachtung physiologischer Vorgänge am lebenden Versuchstier diente. Das Tier wurde narkotisiert, mit einer Fluorochromlösung injiziert, geöffnet und das interessierende Organ über einen Spiegel, der auf dem Schreiber über dem Kondensor angebracht war, beobachtet. Die Beobachtung bestand darin, die Wirkung mit bestimmten Auflichtobjektiven für Wasserimmersion beobachtet. Diese Objective hatte eine Beleuchtungseinrichtung, mit der das beobachtete Organ vor dem Auströcken bewahrt wurde. Eine wesentliche Neuerung war die Einführung verschiedener Okularsperrfilter anstelle des Euphosglases. Diese Filter wurden beim Intravitalmikroskop in einem Schieber oberhalb des Vertikalluminators eingelagert. Die Linsenform von 1930 hat sich gegenüber dem Jahre 1929 nicht mehr verändert. Der Bogenlampe und dem Gruppenfilter von Okularsperrfiltern, die sich bis heute erhalten haben, 1937 entstand dann die Form der Großen Lumineszenzeinrichtung für Auf- und Durchlicht, die den Zeiss-Freunden beiher geläufig ist (Bild 4).

Wesentliche Fortschritte sind in der Anordnung der Filter Klappfassungen und in dem Beobachtungsspiegel für die Bogenlampe zu sehen. Der immer mehr an Bedeutung gewordene Fluoreszenzbeleuchtung mit blauem Licht wurde durch Beagle von zwei verschiedenen dicken Filtern aus BG 3 Rechnung getragen.

Kurz danach wurde das Intravital-Mikroskop in modernisierter, grundsätzlich unveränderter Form neu heraus-

gebracht. Neu ist nur der große Objektivtisch mit Abfluß, der die Verlängerung der Triebe nach außen erforderte, und eine einklappbare Mikroskopierleuchte für Hellfeldbeobachtung. In völlig neuem Gewande tauchte 1939 der Quecksilberbrenner S 100 auf (Bild 5). Ihr Entstehen veranlaßte die abgebildeten Instrumente zu einer weiteren Entwicklung, so daß die Fluoreszenzbeleuchtung mit blauem Licht damals in der Tuberkulosediagnose gewann. Den gleichen Zweck diente die in Bild 6 dargestellte Leuchte. Es ist eine normale 6-V.-30-W.-Lampe, aus deren Licht die für die Fluoreszenzbeobachtung der Tuberkuloseregen benötigte blaue Strahlung durch ein Filter BG 12 ausgesondert wurde. Dieses Filter läßt kein Rot durch, das bei der Fluoreszenzmikroskopischen Beobachtung steht. Vor der starken Lichtquelle kann man aus Abschirmen der Augen und der Arten, die eine starke Kupfersulfatlösung, da das BG 12 die hier auftretenden Wärmeemissionen nicht verträgt. Als Okularsperrfilter für Bau-lichterregung wurde zu der Einrichtung das OG 1 mitgegeben; 1950 wurde die Große Lumineszenzeinrichtung umkonstruiert (Bild 7). Am äußeren Eindruck änderte sich kaum etwas, dafür wurde aber auf Grund der Beobachtungen der letzten Jahrzehnte entschieden, die Beleuchtungseinrichtung der Quarzkonfidenz, das Umlenkprisma aus Quarz und die Quarzobjektträger. Die Kollektorkörpern wurden durch Linsen aus einer Glasart ersetzt, die für fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen wichtigen Wellenlängen ebenso gut durchläßt wie Quarz. Da die üblichen Quarzkonfidenz diese Bedingung erfüllten, konnte auch der Quarzkonfidenz wegfallen. Man erhält die gleiche Leistung wie vor allem in den umstrittenen Nachkriegsjahren vorzeitig, ohne die Kosten von Quarz. Als Neuerung wurde das Übersteckrohr des Okularsperrfilter eingeschafft. Man erhält damit, daß die Eigenfluoreszenz des OG 1 die Beobachtung stört. Neuerungen werden die aufsteckbaren Okularsperrfilter, für die das erwähnte Übersteckrohr notwendig ist, als feste Filterkombinationen geliefert. Dem Sperrfilter OG 1 und seinen Neuerungen ebenfalls für die Blaulicht-Fluoreszenzmikroskopie eingeschafft GG 1 ist zur Beseitigung ihrer Eigenfluoreszenz jeweils ein für Ultraviolettdurchlässiges Filter vorgeschaltet.

Eine ebenfalls neuere Entwicklung stellt der mikrophotographische Wechseltubus für Fluoreszenzmikroskopie dar, in dessen Filterrevolver, leicht manipulierbaren mehrere verschiedene Sperrfilter für Fluoreszenzmikroskopie mit Ultraviolettdurchlässigen Filtern eingebaut sind.

Als Sperrfilter für Blaulicht-Fluoreszenzmikroskopie werden die eben erwähnten Filterkombinationen verwendet.

Bild 1: Lumineszenzeinrichtung aus dem Jahre 1913. Auf der optischen Bank erkennen wir von links: Die Bogenlampe, dicht davor den scheibenförmigen Blendschutz mit dem elektrischen Antrieb, darüber das Gehäuse des Kondensators, die Filter-Gitterte, das Vorderteil des Kollektors und der Mikroskopträger. Zwischen den Hörnern des Hülsenfußes steht das kubische Gehäuse des Umlenkprismas.

Bild 2: Lumineszenzeinrichtung aus dem Jahre 1929.

Die Anordnung der Teile ist die gleiche wie im Bild 1.

Bild 3: Intravital-Lumineszenzmikroskop nach Ph. ELINGER und A. HIRT aus dem Jahre 1929.

Wir sehen rechts die Bogenlampe mit Kollektorkörpern, die Gitter, eine einheitliche Abschirmung, durch deren Vorderwand ein Rohr mit dem Vorderteil des Kollektors hindurchtritt. Vor diesem steht ein doppelter Filterrevolver. Das Mikroskop ist mit einem Vertikalluminator und einem Scheibe für die Okularsperrfilter ausgerüstet.

Bild 4: Große Lumineszenzeinrichtung für Durchlicht aus dem Jahre 1937.

Der optische Aufbau ist gegenüber früher nichts verändert. Neu ist die Form des Mikroskopaußenbaus, die weglassbare Filter und der Beobachtungsspiegel am Lampenhaus. Die Beleuchtungseinrichtung ist auf einem Bankreiter vereint und die Standard-Grundplatte in das Gerät übernommen worden.

Bild 5: Lumineszenz-Mikroskopierlampe aus dem Jahre 1939.

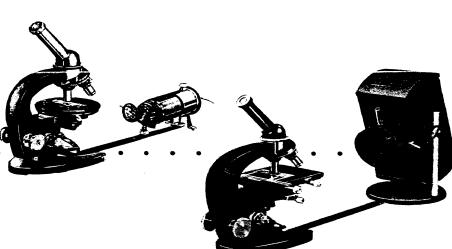
In der Höhe verstellbares und neigbares Lampenhaus für den Einsatz in der Quecksilberbrenner S 100. Der optische Aufbau ist unverändert. Ansatz sind Kürette, Filterring und Leuchtfeldblende untergebracht. Auf der Verbindungsstange zum Mikroskop ist ein Oberflächenspiegel justierbar befestigt, der an die Stelle des sonst üblichen rückwärtig versorgelten Mikroskopenspiegels tritt.

Bild 6: Vereinfachte Lumineszenzlampe aus dem Jahre 1939.

Mikroskopierleuchte VII (6V, 30W) mit Blaulicht. BG 12 auf Klappfassungen und dazu Okularsperrfilter OG 1 in Aufstellung. Die Leuchte wurde kurze Zeit zur Tuberkulose-Diagnose verwendet.

Bild 7: Große Lumineszenzeinrichtung für Auf- und Durchlicht aus dem Jahre 1950.

Gegenüber dem Gerät in Bild 7 sind äußerlich nur Modernisierungen in der Form zu verzeichnen, alle Quarzlinse sind durch Gläser ersetzt.



Ein Beitrag zur Geschichte der Brille

Albrecht Vogel

In der einst weitverbreiteten Predigtsammlung „Sarepta“ des Joachimsthaler Pfarrers Johannes MATHEIUS, die 1562 zuerst in Nürnberg erschien und oft nachgedruckt wurde, finden sich die folgenden, auf das Tragen von Brillen bezüglichen Ausführungen. Der Autor fand in den Veröffentlichungen über die Geschichte der Brille, insbesondere in den zusammenfassenden Werken von Prof. GREER und Prof. v. RUMA keinen Hinweis auf die angegebene Literaturquelle.

Und weil wir alten vñser augen in der taschen vnd calender im baup
te vnd füße in henden tragen/wieſſ finchwoon lautet/ haben wir Gott
auch zu danken/für alleley barillen vnd augengläser/die man zum leſen
braucht oder aufſ die bucher leget/oder damit wir in die ferne ſehen/vie
die ſtechbillen ſein/oder damit auch junge leut/die ſchepfſe ſee gesichtes
in ſeinem wesen erhalten.

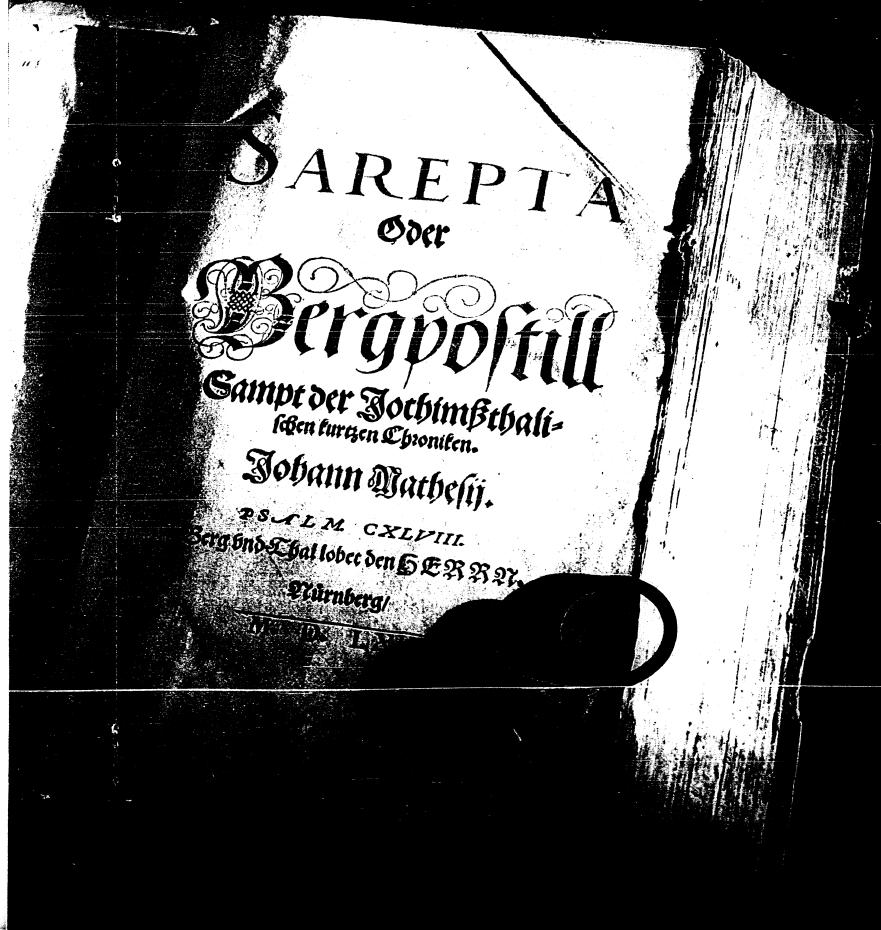
Das sind lauter nardliche wunderweerd/vnd gute gaben vnd künſte/
ſo Gott dem menſchen zu gut durch fleißige künſtler erfinden leſſet/
das man einem jeden nach gelegenheit ſeines alters oder jec ein dull zu-
richten kan/die da grobēt und kleinet.

Es handelt sich hier um eine Predigt, die MATHEIUS 1560 vor den Bergleuten der nord-
böhmischen Stadt Joachimsthal hält und in welcher er ausführlich die Glasherstellung
und Glasmethze beschreibt.

Die Korrektionsmöglichkeit einer Presbyopie bzw. einer Myopie durch Brillen muß
also bereits Mitte des 16. Jahrhunderts auch in den handarbeitenden Schichten der
Bevölkerung vorliegen. Die Predigt wurde vor Bergleuten gehalten - bekannt gewesen
sein. Hier soll kommt herausgestellt werden, daß die bereits beim Jugendlichen auf-
getretene Myopie durch eine anderswirkende Brille korrigiert wird, als sie der Alters-
sichtige benutzt. Auf die Abhängigkeit der Stärke einer Nährbrille vom Alter wird
besonders hingewiesen.

Das Brillenmacherhandwerk muß zu dieser Zeit ein hoher Ansehen unter den hand-
werklichen Berufen besessen haben. Manssus läßt die Brille durch Redlige Künſtler
erfinden", wobei „Künſtler“ etwa dem heutigen Techniker oder Ingenieur entspricht.
Er bezeichnet sie dabei als „natürlich Wunderwerk und gute Gabe“, was darauf hin-
deutet, daß zwar die Brille und ihre Anwendung zum Ausgleich von Fehlsichtigkeiten
allgemein bekannt war, ihr Besitz jedoch noch einen Seltenheitswert dargestellt haben
muß.

Johannes MATHEIUS (1504-1565) war Rektor und Prediger in Joachimsthal. Zeitgenosse
und Freund des Begründers der Montanwissenschaft Georg Agricola und Schüler und
Tischgenosse Martin LUTHER während mehrfacher längeren Studienaufenthalte in Wit-
tenberg. Mit seinem Werk „Martin Luthers Leben“ wurde er dessen erster Biograph.
Sein Werk „Sarepta oder Bergpostill“ (1562) enthält 15 Predigten über Bergwerks-
fragen. Den Namen „Sarepta“ erhält das Werk nach dem gleichnamigen Bergort der
Bibel.



Polarisiertes Licht in Natur und Technik

Paul Ganswein

Das menschliche Auge ist ohne besondere Hilfsmittel nicht in der Lage, polarisiertes Licht von gewöhnlichem, nicht-polarisiertem Licht zu unterscheiden. Doch gibt es Lebewesen, z. B. die Bienen, die für polarisiertes Licht empfänglich sind. Himmelslebewesen wie z. B. die Stiere und Schafe sind weniger polarisiert, und diese Naturerscheinung nutzen die Bienen aus, um sich bei ihren Flügen zu orientieren. Da das Auge des Menschen für polarisiertes Licht nicht empfänglich ist, kann er auch nicht verwundern, daß die Polarisation des Kristall weiter verbreitet wurde. Diese Entdeckung fällt in das Jahr 1808, und wir verdanken sie dem französischen Naturforscher Malus. Es wird berichtet, daß Malus in einem kleinen Zimmer gegenüber einer Fensterfront die Sonne sich spiegelte. Hierbei beobachtete das Spiegelbild der Sonne durch einen Kalkspat hindurch. Dabei sah er anstelle von nur einem Spiegelbild deren zweie Dreieck Malus während der Beobachtung der Spiegelbilder des Kristall in seiner Hand, so stellte er fest, daß sich die beiden Spiegelbilder in ihrer Helligkeit veränderten, das eine heller, das andere dunkler wurde und umgekehrt, wenn er den Kristall weiter drehte. Dieser Erscheinung nachforschend, fand Malus schließlich, daß das Licht polarisiert ist.

Was versteht man unter „polarisiert“? Um dies verständlich zu machen müssen wir das Wesen des Lichts untersuchen. Es dürfte allgemein bekannt sein, daß das Licht welleförmig fortplantzt. Verschiedene Farben des Lichtes unterscheiden sich dadurch, daß die Wellenlängen verschieden groß sind. Blaues Licht ist kurzwelliger als rotes Licht. Dies interessiert uns hier aber nicht. Uns interessiert vielmehr, wie ein Lichtstrahl sich verhält, wenn wir ihn in einem Schnitt senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung betrachten. Und da das Licht während des Lichtweges abgebaut wird, so kann man leicht durch mehrere kurze Abteilungen bestimmen, für daß es eine Abtötung von unendlich vielen Schwingungen nach allen Richtungen ausgeht. Solches Licht ist in Bild 1 dargestellt, und wir nennen es gewöhnliches oder unpolarisiertes Licht. Erfolgt dagegen — wie in Bild 2 — die Lichtschwungung nur in einer einzigen bestimmten Richtung, so sprechen wir von polarisiertem Licht. Polariert, d. h. von Pol zu Pol schwingend.

Wie kommt nun polarisiertes Licht zustande? Es gibt in der Natur Kristalle, die die Eigenschaft haben, aus der Verteilung der Schwingungen eines gewöhnlichen Lichtstrahls bestimmte Schwingungen auszuwählen und nur diese durchzulassen. Kristalle dieser Art sind z. B. der Quarz oder der bereits erwähnte Kalkspat; diese Eigenschaft der Kristalle hängt damit zusammen, daß ihre Bausteine, die Atome, eine gesetzmäßige Ordnung aufweisen, ein Kristallgitter bilden. Beim Durchgang des Lichtes durch ein solches Kristallgitter treten die Lichtschwünge in Wechselwirkung mit den Atomen. Wir können z. B. einen Kalkspatstrahl, diesen wie in der in Bild 3 gezeigten Weise von links her vom Licht durchsetzt. Durch mehrere Doppelteile ist angegedeutet, daß von links gewöhnliches, unpolarisiertes Licht auf den Kalkspat, kristall auftreift. Beim Durchgang des Lichtes durch den Kristall in bestimmter Richtung führt die Wechselwirkung zwischen dem Lichtstrahl und den Kristallbausteinen zu einer

Aufspaltung des Lichtstrahles in der dargestellten Weise, Es treten rechts zwei Teilstrahlen aus dem Kristall aus, und in jedem Teilstrahl gibt es nur noch eine einzige bevorzugte Schwingungsrichtung. Das rechts aus dem Kristall austretende Licht ist also polarisiert.

Es ist der Fall, daß unter den doppelpolarenden Kristallen aber auch noch solche, die die Eigenschaft haben, daß die beiden polarisierten Teilstrahlen zu absorbieren.

Eine solche Kristallart ist der Turmalin. Von gesamten sichtbaren

Spektralbereich, das ist von blau bis rot, nimmt der Turmalin allerdings nur den gebrochenen Anteil des Spektrums weg. In

der Durchsicht sieht der Turmalin folglich blau aus. Diese Eigenschaft bestimmter Kristalle, nur eine bestimmte Farbe des Spektrums hindurch diese als polarisiertes Licht durchzulassen, ist die Doppelbrechung. Durch diese Kristalle erhält man farbiges polarisiertes Licht, mit doppelpolarenden Kristallen dagegen weißes, in zwei zusammenhängender Richtungen polarisiertes Licht.

Durch einen doppelpolarenden Kalkspat hindurch beobachtete Malus im Jahre 1808 das Spiegelbild der Sonne, und wir verstehen jetzt, warum er ein doppeltes Bild sah. Nicht verständlich ist uns vorerst noch, warum die Helligkeit der beiden Spiegelbilder sich änderte, wenn Malus den Kristall wieder drehen würde. Um das zu verstehen, müssen wir wissen, daß die Natur noch in anderer Weise als durch bestimmte Kristalle polarisiertes Licht erzeugt. Zum Beispiel entsteht polarisiertes Licht bei der Reflexion (Spiegelung) von gewöhnlichem Licht an spiegelnden Oberflächen. Solche spiegelnden Oberflächen sind vor allem das Wasser, dann glänzende Blattflächen, Glasscheiben, polierte Lackschichten usw. Die Polarisationsrichtung einer spiegelnden Scheibe ist im Bild 4 veranschaulicht. Von links her fällt ein Lichtstrahl in einen mehreren Stoffen durch 3 Doppelteile gesteckten auf die Glasscheibe. Nach der Reflexion ist das nach rechts abgestrahlte Licht polarisiert und zwar so, daß die Schwingungsrichtung des polarisierten Lichtes parallel zur spiegelnden Oberfläche des Glases verläuft. Der Wirkungsgrad der Polarisation ist hierbei abhängig vom Einfallswinkel des Lichtes, der zwischen der Lichtrichtung und dem Lot auf die Glasscheibe gemessen wird. Bei der Reflexion am Glas erhält man vollkommen polarisiertes Licht, wenn der Einfallswinkel 57° beträgt.

Malus Entdeckung wird uns jetzt verständlicher. Die im gegenüberliegenden Fenster gespiegelten Strahlen der Sonne bestanden bereits aus polarisiertem Licht. Um den Vorgang restlos zu verstehen, kehren wir nochmals zum doppelpolarenden Kalkspat zurück; im Bild 5 fällt von links auf den Kristall bereits polarisiertes Licht, angeleitet durch die Doppelteile, ein. Ein horizontal polarisiertes Licht kann ohne weiteres den Kristall passieren. Ein horizontal polarisiertes Lichtstrahl kann dagegen nicht aus dem Kristall austreten, weil er im linken ankommenden Licht gar nicht enthalten ist. Jetzt dürfte die Entdeckung des polarisierten Lichtes völlig klar werden. Bei der Beobachtung des Spiegelbildes der Sonne durch den Kalkspat sah Malus zunächst zwei etwas

gegeneinander versetzte Spiegelbilder auf Grund der Doppelbrechung des Lichtes durch den Kalkspat. Beim Drehen des Kristalls wurden die Spiegelbilder abwechselnd heller und dunkler, weil das im Fenster gespiegelte Licht bereits teilweise polarisiert war. Ein völliges Verschwinden eines der beiden Spiegelbilder wäre dann zu beobachten gewesen, wenn sich der Sonnenstrahl zufällig unter dem Polarisationswinkel von 57° am Fenster aufgestellt hätte.

Somit kommen wir bereit zu vorschrittigeren Möglichkeiten, die in der Natur polarisiertes Licht entstehen. Erstens beim Lichtdurchgang durch bestimmte doppelpolarende oder dichroitische Kristalle, zweitens durch Reflexion an vielen spiegelnden Oberflächen. Eine dritte Möglichkeit ist die durch Beugung des Lichtes. Was darunter zu verstehen ist, ist Bild 6 erläutert. Ein Glasstroh sei mit einer getrübten Flüssigkeit, z. B. mit stark verdünnter Milch, angefüllt. Ein Lichtstrahl tritt von links in das Glasstroh ein. In den Glasstroh sieht man von einer teilweisen Absorption des Lichtes beim Durchgang durch die Flüssigkeit ab, dann tritt rechts aus dem Glasstroh das minste Licht wieder aus, und dieses Licht ist ebenfalls weiß und unpolarisiert. Ein geringer Teil des Lichtes aber wird durch Wechselwirkung mit den Molekülen der milchig trüben Flüssigkeit im Glasstroh abgebaut und verläßt diesen nach der Seite, im gezeichneten Beispiel nach oben. Dieser nach oben abgewandte Bereich zeigt eine blaue Farbung, weil der blau Anteil des einfallenden Lichtes stärker abgebaut wird als der rote Anteil. Das bläuliche Streulicht ist aber auch stark polarisiert. Der Polarisierungsgrad des abgebogenen Lichtes ist vom Beugungswinkel abhängig und am größten, wenn das Licht senkrecht zu seiner Einfallsrichtung abgebogen wird. Der gleiche Vorgang der Polarisation des Lichtes durch Beugung spielt sich am wolkigen Himmel ab. Die trübe Flüssigkeit ist hier durch die atmosphärische Trübe ersetzt, die durch die Erde ist abgebogene Sonnenlicht. Der Polarisationsgrad, d. h. die Lichtstärke des polarisierten Himmelslichts hängt ganz vom Beugungswinkel ab, bzw. vom Stand des Beobachters im Bezug auf den Sonnenstand. Senkrecht zur Richtung der Sonnenstrahlen ist die Polarisationswirkung des blauen Himmelslichts am größten.

Da unsere Augen, wie eingangs schon betont wurde, keine Empfangsorgane für polarisiertes Licht besitzen, merken wir ohne besondere Hilfsmittel nichts von der Polarisation des Himmelslichts. Aber Tiere haben Empfangsorgane für polarisiertes Licht und auch viele Vögel und andere Tiere, die Wasser lebende Tiere, können sich an dem auf den Wasseroberfläche polarisierten Reflexlicht orientieren. Mit diesen Fragen beschäftigen sich die Forstner in zunehmendem Maße. Man nimmt heute schon so sicher an, daß viele Zugvögel ihren Weg nach dem Süden und von dort zurück mit Hilfe des polarisierten Lichtes finden. Das polarisierte Himmelslicht gibt es in der Natur in großer Orientierung. Nachweisbar waren diese Tiere nichts von dem Verteil, den es natürlich der Erkennbarkeit des polarisierten Lichtes uns Menschen voraus haben. Doch der menschliche Geist hat auch dieses Geheimnis der Natur abgelauscht und für seine Dienste

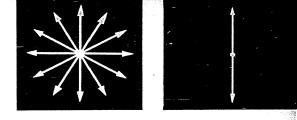


Bild 1: Schwingungs-

richtungen

gewöhnlichen,

unpolarisierten Lichtes

Bild 2: Schwingungs-

richtung

polarisiertem Lichtes

Bild 3: Polarisation

durch doppelpolarende

Kristalle

Bild 4: Polarisation

durch Reflexion

Bild 5: Durchgang

polarisierten Lichtes

Bild 6: Polarisation

durch Beugung

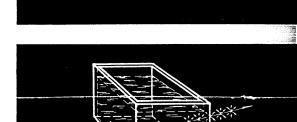
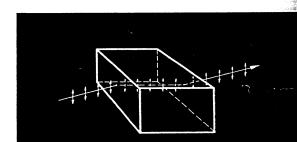
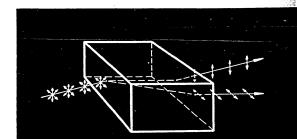
Bild 7: Künstlicher

Polarisator

Bild 8: Wirkungsweise

zweier gekreuzter

Vorsetzfilter



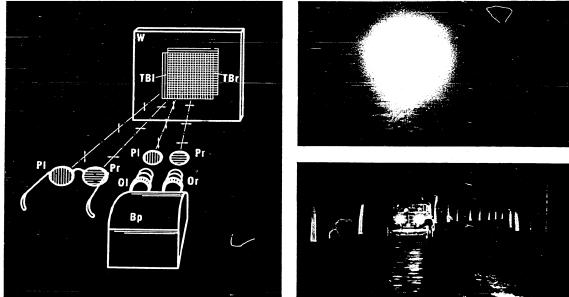


Bild 9: Stereoskopische Bildwiedergabe mit polarisiertem Licht · **Bild 10:** Blendung im nächtlichen Kraftverkehr · **Bild 11:** Blendschutz durch polarisierte Lichtfilter

nutzbar gemacht. Schon Maus wußte, daß an Wasseroberflächen reflektiertes Licht polarisiert ist. In zahlreichen Erfindungen macht heute die Technik von polarisiertem Licht durch die Schaffung neuer Geräte, bei denen polarisiertes Licht angewendet wird. Gebrauch und erschließt dann der Forschung wiederum neue Wege. So wird polarisiertes Licht in zahlreichen optischen Instrumenten der Mikroskopie und in der Photometrie angewendet. Beispielsweise stellt man in der Zuckerindustrie mit Hilfe des polarisierten Lichtes den Zuckergehalt von Lösungen schnell

und genau fest. In der Nahrungsmittelindustrie wird die Zuckergummierung des Mehlstaubes in der Medizinerie die Zuckergummierung des Harns mit polarisiertem Licht gewährleisten. Neue Anwendungsbiete für polarisiertes Licht wurden eröffnet, seit es vor 15 bis 20 Jahren an mehreren Orten gelang, künstliche Polarisatoren herzustellen. Die künstlichen Polarisatoren übertragen sogar die natürlichen Polarisatoren in mehrfacher Hinsicht. Im Handel gibt es **künstliche Polaratoren**, z. B. in Form von **Vorsetzfiltern** für **Photokameras**, hergestellt vom VEB Carl Zeiss JENA. Im Bild 7 ist ein solcher

zichten und hören es sehr
Namen, die sich durch die
Qualität der Brauereien,
Achtung verschaffen haben.
Die Qualität ist die eigentliche Größe von
unvergleichbarer Gesundheit
und Wohlbehagen für Ihre Kehle.
Handelsweise ist das
in den Sins, als wenn ein
großer Prunksaal durch
eine Prunkwandlung

Makroskopie, die Instrumente durch ihre Ver-
mehrung und die Photomicrographie durch
die Erfindung und Entwicklung der
Kamera für die Brauerei einsetzen.

Aber jetzt ist es eben Industriezeit-Denkungs-
muster, in Thüringen, im Uferland der Saale, Döbeln
Stadt selbst hat es 9.000 Einwohner, Lützen
Universitätsstadt, Jena ist mit 20.000 Einwohnern
der größte Ort. Die Brauerei ist eine der größten
herausragenden Betriebe, bilden gewundene
Säle in die oben erwähnten Instrumente.

Zeiss-Vorsatzfilter dargestellt. Die Zeiss-Vorsatzfilter sehen einen metallgrauen Filter ähnlich und werden auf das Fotoobjektiv aufgesetzt. Der Vorteil des Polarisationsfilters ist eine Markierung angebracht, die angibt, in welcher Richtung das durch das Filter polarisierte Licht schwingt. Er illustriert die Wirkungsweise zweier teilweise übereinanderliegender Vorsatzfilter, bei denen die Durchlauffrichtung für das polarisierte Licht zueinander senkrecht stehen. Dadurch tritt, wie im Bild 8 ersichtlich ist, an den übereinanderliegenden Flächen völlige Auslöschung des Lichtes, der Dunkelheit, ein.

Vorstärfilter werden benutzt, um bei Photoaufnahmen störende Lichtreflexe auf Wasseroberflächen, Schauenseiten, asphaltierten Straßen usw. zu beseitigen. Mit einem Vorsatzfilter kann man bei wolkenlosem Himmel auch leicht erkennen, daß das Himmelslicht polarisiert ist. Beim Betrachten des wolkenlosen Himmels dreht man das Filter vor dem Auge und stellt je nach der Himmelsrichtung und dem Stand der Sonne fest, daß der Himmel mehr oder weniger aufgehellt bzw. das Blau des Himmels mehr oder weniger stark gesättigt ist.

Die Verwendung von Polarisationsfiltern in der Photographie stellt nur ein Anwendungsbereich moderner, künstlicher Polarisation dar. Ein weiteres, großes Anwendungsgebiet für polarierte Licht ist die **Stereoskopie**, das Raumbildsehen. Bei der Projektion von stereoskopischen Stand- oder Laufbildern und bei ihrer Betrachtung (Kinog) wendet man polarisierte Licht an.

Die Aufgabe besteht darin, entsprechend dem natürlichen, bauähnlichen Sehen, auch bei der Bildprojektion zweie Teuhälften, eines für das linke und eines für das rechte Auge, dem Beobachter zu übermitteln. Auf der Projektionswand befinden sich demnach zwei Bilder, die den beiden Augen getrennt zugeführt werden müssen. Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt in eleganter Weise mit polarisiertem Licht, das hierbei die Funktion einer Lichtwands ausübt. Eine Erläuterung gibt Bild 9, in welchem W die Projektionswand, Bp ein Bildprojektor, Ol oder D das linke und rechte Objektiv, Pl und Pr

Polarisationsfilter für das linke und rechte TBL und TBR, sowie in der Brille Polarisationsfilter PL und PR für das linke und rechte Auge darstellen. Die Stereoskopie besitzt besonders für Unterrichtszwecke außerordentliche Bedeutung und diente in jahrzehnten Zulassung und Fachschulprüfung. Sie ist eine wissenschaftliche Methode, die nicht mehr ausgedehnt in Schulen, sondern in Naturforschern, Mediziner und Ingenieuren bei ihrem Studium sein. Ferner werden in dem jedem Glasbläser bekannten optischen Spannungsprüfer Spannungen von Gläsern jeder Art in polarisiertem Licht untersucht. Diese Methode wird auch ausgenutzt, um mechanische Spannungen von Maschinen

teilen, die besonders an den Lagern beim Befahren der Massen aufreften, zu studieren und auf treitende Mängel abzustellen. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit für Polarisatoren sei unter dem Begriff „Autoblendschutz durch polarisiertes Licht“ ange deutet. Erfolgreichere Ver- lichtung ist hierbei durch Verwendung von polarisierten Lichtstrahlen zu erzielen, was geschieht, wenn die ständigen Zunahmen des Kraftfahrzeugs durchs Dies- polum auch erneut abgetan werden. Die Wirkungsweise des Blendschutzes durch polarisiertes Licht ist aus den Bildern 10 und 11 zu ersehen. In beiden Fällen befinden einer nächtlichen Begegnung beide Fahrzeuge voll aufgebogen, d.h. mit Fernlicht. Nach Bild 10 sind die Fahrer schutzlos den Wind des entgegenkommenden Fahrzeugs preßgegangen. Bild 11 dagegen strahlen die Scheinwerfer beider Wagen polarisiertes Licht aus, und durch Polarisatoren an der Windschutzscheibe wird in Form von Polarisationslinien der Wind abgelenkt. Der Abstand zwischen den Scheinwerfern ist gleich geblieben, Geschwindigkeit, ohne daß die Scheinwerfer abgedunkelt werden müssen. Jeder Fahrer fühlt somit auch bei einer Begegnung unter den günstigsten Scheinwerferschaltungs- formen des Ferndurchsichts.



Zur Vergrößerung und Verzeichnung der Handfernrohre

August Sennfeld

Die Abhandlung über optischen Instrumenten, die nicht universell in Verbindung mit dem Auge, also wie die Photokameras nur objektiv bewertet werden, liegt in den Grundzügen fest und ist in dem bekannten Lehrbuch von Czapski-Eigenstein, "Optik für Physiker", Berlin 1924, abgedruckt. Instrumente nach Abbild II, Auflage 1924, Leipzig. Verl. Jg. Amb. Barth, eingehend behandelt. Das Hauptinteresse hat sich auf die Fernrohre des Werkes beschränkt. H. Erff und H. Beopohl, im XX. Kapitel dieses Werkes hat H. Erff, der den Nachdruck 1924 erhielt, und am April 1923 statt des Fernrohrs gründlich neu bearbeitet, die bisherigen theoretischen Ansichten reformiert und wesentlich ergänzt. In den späteren Ausgaben dieses Werkes sind die optischen Instrumente sind dessen die Arbeiten Erffs nur zügig vorgedrungen, und über die Verwendung der optischen Instrumenten und insbesondere bei den Handfernrohren hat selbst Erff als generaler Konstrukteur von Erd- und Handfernrohren vollständig gezeichnet. Ich kann nun nichts Neues hinzufügen. Whitall und Weiss liegt keine Stellungnahme von H. Erff vor, obwohl er hierzu all' fristigste Kenntnisse besitzt. Ich kann daher nur das, was den Anfängern zurückgeblieben ist, auf die Aufgaben hinweisen. Ich kann mich auf die Arbeit, die ich in dem ersten Abschnitt des XX. Kapitels des Werkes ausführlich habe, und habe seit 1924 in Aufgaben und Vorlesungen zur Verschärfungsfrage der Fernrohre, Stellungnahmen und andere Ergebnisse der Ergebnisse mehrerer Untersuchungen im gemeinschaftlichen Darstellung zu ordnen und zusammenfassen, und so die Arbeit des Autors weiter zu vervollständigen. Zuletzt lasse ich hier die Tatsachen sprechen, wie die Verhältnisse bei den Handfernrohren und Prismenfeldstechern im besten Interesse der Praktiker und des Feldstecherwesens in Johns um 1920 erläutert werden.

Was den optischen Einwirkungen des menschlichen Auges anlangt, so ist hierfür die Verhältnisse einigermaßen zurückhaltend geklärt. Der innere Schwingungszustand, der sich nach den Naturhaften und den Schädlichen im Gehirn abspielt, ist noch in keinerlei Darstellung erscheint. Die Bildverarbeitung ist dabei noch nicht einmal angeschaut. Ich kann auf die Leistungsfähigkeit des schärferen Problems, "Augenbau", Trichterlinien, der optischen Struktur, der optischen vielfach andere Sinne als der Gesichtssinn betreffen, z. B. Tastsinne, Bewegungssinn, Geschmack, usw., nicht eingehen. Ich kann mich recht direkt, der allmählich einsetzende Aufklärung wünschen. Dieser komplizierte Bildwandler des inneren Schwingungszustands muss dennoch auf sehr einfache Weise verstanden werden. Es wäre unverständlich, wie ein Kind im ersten Lebensjahr die Dinge im Raum richtig lokalisiert, wenn es auf die Leistungsfähigkeit der physiologischen Optik, insbesondere auf das von Albert Kong bearbeitete im Handbuch der Experimentalphysik, Leipzig, 1929, Akadem. Verl. o. B.H., herausgegeben von W. Weiss und F. Hartmann, verzichtet.

1. Teil

Unter Vergrößerung eines Ferners versteht man die Vergrößerung, welche mit Hilfe eines Auges das Objekt erscheinen wird, wenn durch das Fernrohr betrachtet wird, gegenüber

dem mit bloßem Auge beobachteten Objekt. Was für die Vergrößerung ist bei dem Verhältnis zweier scheinbaren Größen mit und ohne Fernrohr und messen diese scheinbaren Größen im Winkelmaß?

$$I' = \frac{v}{u}$$

Beobachtet man irgend ein markantes Objekt, etwa ein kleines Gegenstück, so kann man mit dem Fernrohr durch das Fernrohr, so erkennt man deutlich den Größenunterschied der beiden Bilder auf unseren Netzhäuten. Die Vergrößerung gilt auch an, um wieviel vergrößert ist das Fernrohr.

Ding auf dem Fernrohr erscheint, als das mit freiem Auge beobachtete gleiche Ding. So kann man mit dem Fernrohr einen kleinen Luftabstand getrennt sind. Die doppelte Linse bildet das Objekt, das den Gegenstand verkleinert in der nächsten Stellung auf dem Fernrohr.

Eine Fernrohr, allein betrachtet, ist eine brennende Linse, welche aus mehreren wenigen einfachen Linsen besteht, welche in einem kleinen Luftabstand getrennt sind. Die doppelte Linse bildet das Objekt, das den Gegenstand verkleinert in der nächsten Stellung auf dem Fernrohr.

Fernrohr eine Negativlinse oder eine Linsefolge, mit einem Brennpunkt eingestellt (Objektiv), und das Bild der negativen Objektive wieder in die Ferne wird, wenn meine Neugierde es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte,

so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.

Was ist in der da vergrößerten Gegenstandsferne, -Natur-, Raum befindet sich in 1000 m Entfernung vom Beobachter, dann wird ein Objekt von 100 mm Brennweite hinter seinem Brennpunkt ein Bildchen erzeugen, dessen Größe ist 100.

laterale Größe $100000^{\frac{1}{2}} = 1000$ der natürlichen des betrachteten Gegenstands ist.

Hat nun das Objekt eine Größe von 10 mm, so wird es auf einer Entfernung von 100 m abilden, so wird das vom Objektiv erzeugte Zischenbild im Verhältnis 1000 vergrößert und muß das Auge unter 10 mal vergrößert werden, um das Auge ohne Fernrohr den Gegenstand sieht.

Kann man auch auf diese Weise die Fernrohre vergrößern, so ist diese Vergrößerung, wenn man die Linsenfolge, die Bild der Ferne nach mit dem Gegenstand zusammenfällt. Ein unter einem mal so großen Winkel geschehen Gegenstand, der auf einer Entfernung von 1000 m Bild erscheint sogar in 10 m Entfernung, kann aber dann nicht mehr die Größe des Gegenstands behalten, sondern muß auf ein Zentimeter Bild auf der Entfernung verkleinert erscheinen.

So sieht in Fernrohr genau der Teleskopische Brücke zwischen Tiefen- und Lateralverzeichnung, ob der Gegenstand auf der Entfernung

A. Tepler hat 1871 für die dioptrische Abbildung den folgenden bemerkenswerten Zusammenschluß der Linsenfolge für die Lateralverzeichnung, bewiesen: „Die Tiefenverzeichnung ist an jeder Stelle des Raumes proportional dem Quotienten der Lateralverzeichnung.“ Der Bruch ist nicht aus den Newtonschen Formeln:

$$\frac{v}{u} = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2}$$

Wir stellen hier noch einmal die drei Vorgänge des Fernrohrs dar, welche wir als Größen des Objekts und Bildes mit v bzw. f_1 bezeichnen. Intervalle mit u und v und f_1 und f_2 ist dann:

$$1. \text{ für die Tiefenvergrößerung } \frac{v}{u} = \frac{f_1}{u}$$

$$2. \text{ für die Lateralvergrößerung } \frac{v}{f_1} = \frac{f_2}{u}$$

3. für die Winkelvergrößerung $\gamma = \frac{v}{u}$

Für α , β und γ gelten die folgenden fundamentalen Beziehungen, wenn noch, wie meist in der Praxis, $\gamma = I'$ angenommen wird:

$$u = \beta^2, \beta = \frac{v}{\gamma}, \gamma = \frac{v}{u} = \frac{v}{\beta^2} = 1$$

Das Fernrohr, allein betrachtet, ist eine brennende Linse aus zweier mehr oder weniger einfacherweise zusammengesetzten Linsen, welche in einem Luftabstand getrennt sind. Die doppelte Linse bildet das Objekt, das den Gegenstand verkleinert in der nächsten Stellung auf dem Fernrohr.

Fernrohr eine Negativlinse oder eine Linsefolge, mit einem Brennpunkt eingestellt (Objektiv), und das Bild der negativen Objektive wieder in die Ferne wird, wenn meine Neugierde es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte,

so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.

Was ist in der da vergrößerten Gegenstandsferne, -Natur-, Raum befindet sich in 1000 m Entfernung vom Beobachter, dann wird ein Objekt von 100 mm Brennweite hinter seinem Brennpunkt ein Bildchen erzeugen, dessen Größe ist 100.

laterale Größe $100000^{\frac{1}{2}} = 1000$ der natürlichen des betrachteten Gegenstands ist.

Hat nun das Objekt eine Größe von 10 mm, so wird es auf einer Entfernung von 100 m abilden, so wird das vom Objektiv erzeugte Zischenbild im Verhältnis 1000 vergrößert und muß das Auge unter 10 mal vergrößert werden, um das Auge ohne Fernrohr den Gegenstand sieht.

Kann man auch auf diese Weise die Fernrohre vergrößern, so ist diese Vergrößerung, wenn man die Linsenfolge, die Bild der Ferne nach mit dem Gegenstand zusammenfällt. Ein unter einem mal so großen Winkel geschehen Gegenstand, der auf einer Entfernung von 1000 m Bild erscheint sogar in 10 m Entfernung, kann aber dann nicht mehr die Größe des Gegenstands behalten, sondern muß auf ein Zentimeter Bild auf der Entfernung verkleinert erscheinen.

So sieht in Fernrohr genau der Teleskopische Brücke zwischen Tiefen- und Lateralverzeichnung, ob der Gegenstand auf der Entfernung

A. Tepler hat 1871 für die dioptrische Abbildung den folgenden bemerkenswerten Zusammenschluß der Linsenfolge für die Lateralverzeichnung, bewiesen: „Die Tiefenverzeichnung ist an jeder Stelle des Raumes proportional dem Quotienten der Lateralverzeichnung.“ Der Bruch ist nicht aus den Newtonschen Formeln:

$$\frac{v}{u} = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2}$$

Wir stellen hier noch einmal die drei Vorgänge des Fernrohrs dar, welche wir als Größen des Objekts und Bildes mit v bzw. f_1 bezeichnen. Intervalle mit u und v und f_1 und f_2 ist dann:

$$1. \text{ für die Tiefenvergrößerung } \frac{v}{u} = \frac{f_1}{u}$$

$$2. \text{ für die Lateralvergrößerung } \frac{v}{f_1} = \frac{f_2}{u}$$

$$3. \text{ für die Winkelvergrößerung } \gamma = \frac{v}{u}$$

zeigt. Es heißt dort: „Als unser Freund (gemeint ist Wilhelm bzw. Goethe) lange darin versunken gelöscht, wendete er sich um und sprach zu dem jungen Menschen: „Sie sind ein toller Mensch, denken Sie mir diesen Gesten so über alles Man'scher Gedanken! Als ich es vom sah, schaute ich mich um und sah, daß der Himmel und der Himmel und zu mir selbst; jetzt aber tritt es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte, so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.“

in Richtung der Fernrohre wird von der Netzhaut in F_2' aufgefangen. Das Objektivlinse L_1 ist dann die Linse des vergrößerten Auges und die Vergrößerung des Gegenstands ist I' .

$L_1 = f_1$, $v = 100$, $u = 1000$ zu messen. L_2 ist der doppelte, F_2' der blitschnelle Brennpunkt des Objektivs L_1 ; F_2' der blitschnelle und F_2 der doppelseitige Brennpunkt der Okularlinse L_2 . Vor L_1 und nach L_2 verlaufen die Strahlen parallel zur optischen Achse, nach dem Objektiv L_1 der Hintergrund H und seine Kristalle K des Auges fort.“ „Wir“ werden diese Gläser so wenig

fähig sind, ihr inneres Wahns mit diesem von zußen herangezogenen Falschen einigermaßen auszugleichen. So oft ich durch eine Brille sehe, um so mehr kann ich sie nicht aus der Brille entfernen, ohne denken Sie mir diesen Gesten so über alles Man'scher Gedanken! Als ich es vom sah, schaute ich mich um und sah, daß der Himmel und der Himmel und zu mir selbst; jetzt aber tritt es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte, so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.“

in Richtung der Fernrohre wird von der Netzhaut in F_2' aufgefangen. Das Objektivlinse L_1 ist dann die Linse des vergrößerten Auges und die Vergrößerung des Gegenstands ist I' .

$L_1 = f_1$, $v = 100$, $u = 1000$ zu messen. L_2 ist der doppelte, F_2' der blitschnelle Brennpunkt des Objektivs L_1 ; F_2' der blitschnelle und F_2 der doppelseitige Brennpunkt der Okularlinse L_2 . Vor L_1 und nach L_2 verlaufen die Strahlen parallel zur optischen Achse, nach dem Objektiv L_1 der Hintergrund H und seine Kristalle K des Auges fort.“ „Wir“ werden diese Gläser so wenig

fähig sind, ihr inneres Wahns mit diesem von zußen herangezogenen Falschen einigermaßen auszugleichen. So oft ich durch eine Brille sehe, um so mehr kann ich sie nicht aus der Brille entfernen, ohne denken Sie mir diesen Gesten so über alles Man'scher Gedanken! Als ich es vom sah, schaute ich mich um und sah, daß der Himmel und der Himmel und zu mir selbst; jetzt aber tritt es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte, so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.“

in Richtung der Fernrohre wird von der Netzhaut in F_2' aufgefangen. Das Objektivlinse L_1 ist dann die Linse des vergrößerten Auges und die Vergrößerung des Gegenstands ist I' .

$L_1 = f_1$, $v = 100$, $u = 1000$ zu messen. L_2 ist der doppelte, F_2' der blitschnelle Brennpunkt des Objektivs L_1 ; F_2' der blitschnelle und F_2 der doppelseitige Brennpunkt der Okularlinse L_2 . Vor L_1 und nach L_2 verlaufen die Strahlen parallel zur optischen Achse, nach dem Objektiv L_1 der Hintergrund H und seine Kristalle K des Auges fort.“ „Wir“ werden diese Gläser so wenig

fähig sind, ihr inneres Wahns mit diesem von zußen herangezogenen Falschen einigermaßen auszugleichen. So oft ich durch eine Brille sehe, um so mehr kann ich sie nicht aus der Brille entfernen, ohne denken Sie mir diesen Gesten so über alles Man'scher Gedanken! Als ich es vom sah, schaute ich mich um und sah, daß der Himmel und der Himmel und zu mir selbst; jetzt aber tritt es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte, so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.“

in Richtung der Fernrohre wird von der Netzhaut in F_2' aufgefangen. Das Objektivlinse L_1 ist dann die Linse des vergrößerten Auges und die Vergrößerung des Gegenstands ist I' .

$L_1 = f_1$, $v = 100$, $u = 1000$ zu messen. L_2 ist der doppelte, F_2' der blitschnelle Brennpunkt des Objektivs L_1 ; F_2' der blitschnelle und F_2 der doppelseitige Brennpunkt der Okularlinse L_2 . Vor L_1 und nach L_2 verlaufen die Strahlen parallel zur optischen Achse, nach dem Objektiv L_1 der Hintergrund H und seine Kristalle K des Auges fort.“ „Wir“ werden diese Gläser so wenig

fähig sind, ihr inneres Wahns mit diesem von zußen herangezogenen Falschen einigermaßen auszugleichen. So oft ich durch eine Brille sehe, um so mehr kann ich sie nicht aus der Brille entfernen, ohne denken Sie mir diesen Gesten so über alles Man'scher Gedanken! Als ich es vom sah, schaute ich mich um und sah, daß der Himmel und der Himmel und zu mir selbst; jetzt aber tritt es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte, so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.“

in Richtung der Fernrohre wird von der Netzhaut in F_2' aufgefangen. Das Objektivlinse L_1 ist dann die Linse des vergrößerten Auges und die Vergrößerung des Gegenstands ist I' .

$L_1 = f_1$, $v = 100$, $u = 1000$ zu messen. L_2 ist der doppelte, F_2' der blitschnelle Brennpunkt des Objektivs L_1 ; F_2' der blitschnelle und F_2 der doppelseitige Brennpunkt der Okularlinse L_2 . Vor L_1 und nach L_2 verlaufen die Strahlen parallel zur optischen Achse, nach dem Objektiv L_1 der Hintergrund H und seine Kristalle K des Auges fort.“ „Wir“ werden diese Gläser so wenig

fähig sind, ihr inneres Wahns mit diesem von zußen herangezogenen Falschen einigermaßen auszugleichen. So oft ich durch eine Brille sehe, um so mehr kann ich sie nicht aus der Brille entfernen, ohne denken Sie mir diesen Gesten so über alles Man'scher Gedanken! Als ich es vom sah, schaute ich mich um und sah, daß der Himmel und der Himmel und zu mir selbst; jetzt aber tritt es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte, so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.“

in Richtung der Fernrohre wird von der Netzhaut in F_2' aufgefangen. Das Objektivlinse L_1 ist dann die Linse des vergrößerten Auges und die Vergrößerung des Gegenstands ist I' .

$L_1 = f_1$, $v = 100$, $u = 1000$ zu messen. L_2 ist der doppelte, F_2' der blitschnelle Brennpunkt des Objektivs L_1 ; F_2' der blitschnelle und F_2 der doppelseitige Brennpunkt der Okularlinse L_2 . Vor L_1 und nach L_2 verlaufen die Strahlen parallel zur optischen Achse, nach dem Objektiv L_1 der Hintergrund H und seine Kristalle K des Auges fort.“ „Wir“ werden diese Gläser so wenig

fähig sind, ihr inneres Wahns mit diesem von zußen herangezogenen Falschen einigermaßen auszugleichen. So oft ich durch eine Brille sehe, um so mehr kann ich sie nicht aus der Brille entfernen, ohne denken Sie mir diesen Gesten so über alles Man'scher Gedanken! Als ich es vom sah, schaute ich mich um und sah, daß der Himmel und der Himmel und zu mir selbst; jetzt aber tritt es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte, so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.“

in Richtung der Fernrohre wird von der Netzhaut in F_2' aufgefangen. Das Objektivlinse L_1 ist dann die Linse des vergrößerten Auges und die Vergrößerung des Gegenstands ist I' .

$L_1 = f_1$, $v = 100$, $u = 1000$ zu messen. L_2 ist der doppelte, F_2' der blitschnelle Brennpunkt des Objektivs L_1 ; F_2' der blitschnelle und F_2 der doppelseitige Brennpunkt der Okularlinse L_2 . Vor L_1 und nach L_2 verlaufen die Strahlen parallel zur optischen Achse, nach dem Objektiv L_1 der Hintergrund H und seine Kristalle K des Auges fort.“ „Wir“ werden diese Gläser so wenig

fähig sind, ihr inneres Wahns mit diesem von zußen herangezogenen Falschen einigermaßen auszugleichen. So oft ich durch eine Brille sehe, um so mehr kann ich sie nicht aus der Brille entfernen, ohne denken Sie mir diesen Gesten so über alles Man'scher Gedanken! Als ich es vom sah, schaute ich mich um und sah, daß der Himmel und der Himmel und zu mir selbst; jetzt aber tritt es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte, so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.“

in Richtung der Fernrohre wird von der Netzhaut in F_2' aufgefangen. Das Objektivlinse L_1 ist dann die Linse des vergrößerten Auges und die Vergrößerung des Gegenstands ist I' .

$L_1 = f_1$, $v = 100$, $u = 1000$ zu messen. L_2 ist der doppelte, F_2' der blitschnelle Brennpunkt des Objektivs L_1 ; F_2' der blitschnelle und F_2 der doppelseitige Brennpunkt der Okularlinse L_2 . Vor L_1 und nach L_2 verlaufen die Strahlen parallel zur optischen Achse, nach dem Objektiv L_1 der Hintergrund H und seine Kristalle K des Auges fort.“ „Wir“ werden diese Gläser so wenig

fähig sind, ihr inneres Wahns mit diesem von zußen herangezogenen Falschen einigermaßen auszugleichen. So oft ich durch eine Brille sehe, um so mehr kann ich sie nicht aus der Brille entfernen, ohne denken Sie mir diesen Gesten so über alles Man'scher Gedanken! Als ich es vom sah, schaute ich mich um und sah, daß der Himmel und der Himmel und zu mir selbst; jetzt aber tritt es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte, so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.“

in Richtung der Fernrohre wird von der Netzhaut in F_2' aufgefangen. Das Objektivlinse L_1 ist dann die Linse des vergrößerten Auges und die Vergrößerung des Gegenstands ist I' .

$L_1 = f_1$, $v = 100$, $u = 1000$ zu messen. L_2 ist der doppelte, F_2' der blitschnelle Brennpunkt des Objektivs L_1 ; F_2' der blitschnelle und F_2 der doppelseitige Brennpunkt der Okularlinse L_2 . Vor L_1 und nach L_2 verlaufen die Strahlen parallel zur optischen Achse, nach dem Objektiv L_1 der Hintergrund H und seine Kristalle K des Auges fort.“ „Wir“ werden diese Gläser so wenig

fähig sind, ihr inneres Wahns mit diesem von zußen herangezogenen Falschen einigermaßen auszugleichen. So oft ich durch eine Brille sehe, um so mehr kann ich sie nicht aus der Brille entfernen, ohne denken Sie mir diesen Gesten so über alles Man'scher Gedanken! Als ich es vom sah, schaute ich mich um und sah, daß der Himmel und der Himmel und zu mir selbst; jetzt aber tritt es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte, so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.“

in Richtung der Fernrohre wird von der Netzhaut in F_2' aufgefangen. Das Objektivlinse L_1 ist dann die Linse des vergrößerten Auges und die Vergrößerung des Gegenstands ist I' .

$L_1 = f_1$, $v = 100$, $u = 1000$ zu messen. L_2 ist der doppelte, F_2' der blitschnelle Brennpunkt des Objektivs L_1 ; F_2' der blitschnelle und F_2 der doppelseitige Brennpunkt der Okularlinse L_2 . Vor L_1 und nach L_2 verlaufen die Strahlen parallel zur optischen Achse, nach dem Objektiv L_1 der Hintergrund H und seine Kristalle K des Auges fort.“ „Wir“ werden diese Gläser so wenig

fähig sind, ihr inneres Wahns mit diesem von zußen herangezogenen Falschen einigermaßen auszugleichen. So oft ich durch eine Brille sehe, um so mehr kann ich sie nicht aus der Brille entfernen, ohne denken Sie mir diesen Gesten so über alles Man'scher Gedanken! Als ich es vom sah, schaute ich mich um und sah, daß der Himmel und der Himmel und zu mir selbst; jetzt aber tritt es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte, so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.“

in Richtung der Fernrohre wird von der Netzhaut in F_2' aufgefangen. Das Objektivlinse L_1 ist dann die Linse des vergrößerten Auges und die Vergrößerung des Gegenstands ist I' .

$L_1 = f_1$, $v = 100$, $u = 1000$ zu messen. L_2 ist der doppelte, F_2' der blitschnelle Brennpunkt des Objektivs L_1 ; F_2' der blitschnelle und F_2 der doppelseitige Brennpunkt der Okularlinse L_2 . Vor L_1 und nach L_2 verlaufen die Strahlen parallel zur optischen Achse, nach dem Objektiv L_1 der Hintergrund H und seine Kristalle K des Auges fort.“ „Wir“ werden diese Gläser so wenig

fähig sind, ihr inneres Wahns mit diesem von zußen herangezogenen Falschen einigermaßen auszugleichen. So oft ich durch eine Brille sehe, um so mehr kann ich sie nicht aus der Brille entfernen, ohne denken Sie mir diesen Gesten so über alles Man'scher Gedanken! Als ich es vom sah, schaute ich mich um und sah, daß der Himmel und der Himmel und zu mir selbst; jetzt aber tritt es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte, so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.“

in Richtung der Fernrohre wird von der Netzhaut in F_2' aufgefangen. Das Objektivlinse L_1 ist dann die Linse des vergrößerten Auges und die Vergrößerung des Gegenstands ist I' .

$L_1 = f_1$, $v = 100$, $u = 1000$ zu messen. L_2 ist der doppelte, F_2' der blitschnelle Brennpunkt des Objektivs L_1 ; F_2' der blitschnelle und F_2 der doppelseitige Brennpunkt der Okularlinse L_2 . Vor L_1 und nach L_2 verlaufen die Strahlen parallel zur optischen Achse, nach dem Objektiv L_1 der Hintergrund H und seine Kristalle K des Auges fort.“ „Wir“ werden diese Gläser so wenig

fähig sind, ihr inneres Wahns mit diesem von zußen herangezogenen Falschen einigermaßen auszugleichen. So oft ich durch eine Brille sehe, um so mehr kann ich sie nicht aus der Brille entfernen, ohne denken Sie mir diesen Gesten so über alles Man'scher Gedanken! Als ich es vom sah, schaute ich mich um und sah, daß der Himmel und der Himmel und zu mir selbst; jetzt aber tritt es in meiner Bildungskraft unverhinderlich hörte, und ich weiß nicht, ob ich die übrigen Schritte gleichzeitig heraufzuführen wünschte, so dass die Fernrohre vergrößert werden durch die Okular einfallende in die Ferne geworfen.“

in Richtung der Fernrohre wird von der Netzhaut in <math

Bild 4: Die wirkliche und richtige Hauptstrahlverlauf im galileischen Fernrohr, der bestimmt wird durch den Augendurchpunkt oder die Pupille des Auges. Die Öffnung der Linsen L_1 und L_2 ist durch L_1 entweder rechteckiges Bild nahe F_2 zwischen Objektiv L_1 und Okular L_2 — ein von L_1 abgrenzend und halben Lutum (Eintritts- und Austrittsstelle) übereinander liegende Funktion eines Scheitelfelds (b).



Salon de la chimie Paris 1956

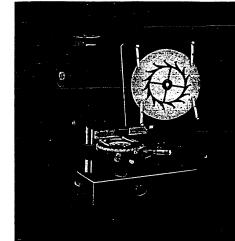
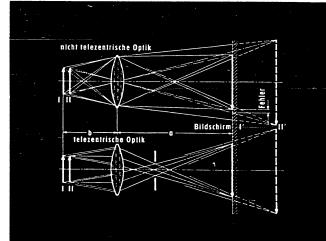
(Aus einem Bericht des nach Paris entsandten technischen Betreuers unserer Expositur)

Internationales Festkolloquium zu Anlass der 100-jährigen Feier des Deutschen Chemischen Reichsbundes. Gelehrte, Firmenvertreter und dem „Salon de la chimie“ in Paris gewidmet und zu einer wissenschaftlichen Versammlung eingeladen. Der 1. Dezember 1956. „Der „Salon de la chimie“ in Paris, die Tagung für Chemie der Werkstoffe im allgemeinen und für chemische Produkte im besonderen, ist eine bedeutende Wissenschaft, Chemie und Ingenieurwesen vom Fach her sich hin, um in Verbindung mit den technischen Erfordernissen in Ausbildung und Erziehung und an Arbeitsmärkten zu verbinden.“ Einladungskarte der Universität Erlangen-Nürnberg, mit der Übersetzung: „Die Universität Erlangen-Nürnberg lädt zur öffentlichen Eröffnung der „Salon de la chimie“ in Paris ein, der vom 1. bis 6. Dezember 1956 in Paris stattfindet.“ Einladungskarte des Pariser Messagedienstes an die Deutsche Presse-Agentur überbrückt.“

Die Entwicklung unseres Zensus-Standes und die Auszahl der Exponate fand allgemein gut. Beide Kosten je 50 cm quadrat Ausstellungsfläche hatte

Bild 5: Strahlengang bei der Abbildung eines unendlich fern liegenden Achsenpunktes in einen unendlich nahen Fokus des Fernrohrs. Beide Prismenfeldstechen befinden sich im Raum zwischen F_1 und F_2 . Die auf die Bildfläche einfallenden Parallelstrahlen aus F_1 und F_2 liegen einer reellen mechanischen Gleichaufteilung auf, die Bild von L_1 entwölft, in die L_2 von L_1 entwölft die A_1 , beide liegen im Unendlichen. Die sogenannte „Öffnungsstrahlung“ ist von L_1 und nach L_2 parallel zur optischen Achse.

Bild 6: Die Hauptstrahlbildung: im gemischten Fernrohr nach Kippfel. Im Verlauf der Hauptstrahl parallel zur Achse oder nach Abbes Bezeichnung bildseitig divergent (Vgl. hierzu Bild 3 und Eulers theoretische A-Form fassung beim galileischen Fernrohr). Die trittspupille liegt in diesem Falle im vorderen Brennpunkt des Objektivs L_1 , die Austrittspupille im hinteren Brennpunkt F'_2 des Okulars L_2 . Man sieht sie als hellen Lichtstrahl, das dem Fernrohr gegen den hellen Hintergrund und das Auge vom Okular in der durchlinien Schärfe von 250 - 300 mm einfällt.



Profilprojektoren aus Jena

Alois Kirchner

Blended gesäumt wurden. Hier, schaffegnitzte und gut telezentrische Abbildung. Die Projektoren sind mit dem Objektiv ausgestattet, das die Bildqualität optimiert. Erfahrungsgemäß sind das die Vergleiche, die sich in der Praxis am besten bewähren. Holographische Projektoren werden durchwegs als optisch weniger präzise in den vergangenen Jahren zur Betrachtung kommen, immer auf Kosten des Aussehen und des Preisniveaus ausgewichen. Es wurde dann entsprechend kleiner und die Tiefenschärfe geringer. Bedenkt sind aber Faktoren wie die Anwendung und die Anwendungskosten zu Merkmalen, die die Verwendung begünstigen.

Bei der Ganz-Ziel-Blende werden z. B. drei verschiedene Projektionsarten hergestellt und teilt die Projektoren 220, 210 und 600. Der Projektor 200 (Bild 3) ist ein leicht transformierbarer Projektor für die medizinischen kleinen bis z. B. der Uhren- oder feinmechanischen Industrie eingesetzt. Der Projektionswinkel ist von 10 bis 30 Grad, Durchmesser von 100 mm und eine Auflösung von 1000x1000 (caher die Bezeichnung „Projektorprojektor“ 200), so da's bei 10-facher Vergrößerung ein Profil bis 20 mm Länge bzw. Durchmesser mit einer Auflösung von 100x100 verarbeitet werden kann. Das Gerät ist für Durch- und Auflichtprojektion eingerichtet. Messungen können mit einem Lineal oder einem Maßband vorgenommen werden. Der Projektionswinkel ist von 10 bis 30 Grad (Kreisdiagonale) oder an geprägten Bild mit Hilfe Höhenmaßstabswangen vorgenommen werden. Bild 3 zeigt den Projektprojektor 200, ein sehr leichtes und kompaktes Gerät, das für die medizinischen Anwendungen und die feinmechanischen Anwendungen geeignet den einen Tischprojektor 200 bestmöglich erreicht. Der Objektivwechsel ist über einen Schieber möglich. Bild 4 zeigt den Projektprojektor 200 mit dem Profil von 100x100 mm. Bei den Projektprojektoren 200 kann man mit dem Profil von 100x100 mm.

element mit planparallelem KBr-Fenster habe $S_0 = 7.3$ Volt/Watt und zeige am Wasserkasten bei einer Zimmertemperatur von 22° einen Galvanometerausschlag von 360 Skalenteilen. Das neu zu vermessende Element in einem Versuchskolben mit KRS-5-Fenster zeige dagegen 310 Skalenteile, ebenfalls bei 22° , dann beträgt unter Berücksichtigung von $A_0 = 0.7$ für KRS 5 die Grundempfindlichkeit des neuen Elementes im Hochvakuum $S'_0 = 0.7 \cdot 310 / 360 = 9.0$ Volt/Watt.

Welchen Galvanometerausschlag daselbe Element nach seinem Einbau in den endgültigen Kolben am Wasserkasten zeigt, und zwar zunächst auch noch an der Pumpe, also bei Hochvakuum $\approx 5 \cdot 10^{-5}$, hängt natürlich von dem Fenster des endgültigen Kolbens ab. Bei Verwendung von Sammellinien liegt er selbstverständlich erheblich höher, bei planparallelem Fenster aber gleich. Es ist also erforderlich, die Empfindlichkeit mit dem Verlustfaktor des verwandten Fensterauswahlkriteriums ein. In beiden Fällen haben wir aber nun die Möglichkeit, unter Berücksichtigung der Zimmertemperatur nach dem Abziehen von der Pumpe eventuelle Empfindlichkeitsänderungen infolge der Vakuumverluste zu beobachten. Die durch uns zum Verkauf kommenden Thermolelemente werden nach dem Abziehen über mehrere Monate kontrolliert, und erst nachdem die Unzuverlässigkeit des Elements genügend gesichert ist, kommt das Thermolelement in einen Transportbehälter, um es schließlich zur Auslieferung. Bei sorgfältiger Behandlung sind Veränderungen dann nicht mehr zu erwarten. Als Beispiel dieses Konstanzen soll das Standardelement Nr. 12, welches über ein Jahr unter Beobachtung steht, in Tabelle 1 dargestellt, wobei für die reproduzierbare Genauigkeit der Einstellungen und Messungen der relative Meßmethode $\pm 2.5\%$ angegeben werden kann anstelle der 5% für die absolute Meßmethode.

Bei einem von uns von einem ausgerüsteten Thermolelementen ist zu beachten, daß bei Anwendung der unter 1. beschriebenen Methode folgende 3 Punkte die hierbei gemessene Empfindlichkeit stärker herabsetzen können als ein planparalleles Fenster aus gleichem Material.

1. Größere Verluste durch Reflexion wegen mehr oder weniger geneigtem Einfallstrahl bei starker Wölbung, wobei zu beachten ist, daß die starke Wölbung auf einen ganz anderen Einfallstrahl berechnet sein kann als bei dieser Meßmethode.

2. Verluste wegen fehlender chromatischer Korrektur, welche wegen des breiten Spektralbereiches des Strahlers dann merkliche Streuerluste bringen kann, wenn die Fläche F_A nicht ausreichend klein gegenüber der Empfängerfläche gewählt wird.

3. Ist zu beachten, daß ein planparalleles Fenster, bei welchen Spaltflächen benutzt werden, wesentlich korrosionsbeständiger ist als eine Linse, was leicht dazu führen kann, daß bei einer längeren Verwendung Verluste durch Korrosion eintreten. Insfern verlangen Kristallinse, wenn z. B. die hohe Durchlässigkeit von KBr wirklich Nutzen bringen soll, äußerste Sorgfalt sowohl in der Herstellung als auch in der Behandlung dieses Strahlungsempfängers, um jeglichen korrodierenden Einfluß durch feuchte Atmosphäre zu vermeiden.

Zusammenfassung

Theoretische Betrachtungen zum Leistungsfaktor nach Jones lassen erkennen, daß bei den bis heute aus der Literatur bekannten Materialdaten ein Leistungsfaktor von mehr als $M = 0.6$ bis 0.7 kaum erreichbar sein wird und weitere

häufig erworbene Thermolelemente bestätigen, daß die gegenwärtigen Spitzenleistungen $M = 0.25$ kaum überschritten. Zur Klärung der Begriffe wird vorgeschlagen, den Begriff einer ursprünglichen oder Grundempfindlichkeit S_0' und eines ebensozialen Grundleistungsfaktors M' einzuführen, welche die Empfindlichkeit und den Leistungsfaktor ohne Anwendung einer Fensterauswahlkriterium bestimmen. S_0 und M' unterliegen der Fensterverluste gelten. Weiter werden zwei Meßmethoden für die effektive Ermittlung von S_0 und S'_0 beschrieben, wobei die erste als absolute Meßmethode sich besonders zur Eichung von Standardempfängern eignet, die dann ihrerseits bei der zweiten vereinfachten Meßmethode als Vergleichsstandards dienen können.

Tabelle 1

Datum	Zimmer-temperatur $^\circ\text{C}$	Ausschlag des Skalen-galvanome-ters	Ausschlag des Skalen-galvanome-ters ohne Empfängers (bei 18° reduziert)	Aufgleichs- vermögen verschiedener Fenster reduziert
25. 2. 56	\rightarrow	260	—	~ 270
27. 2. 56	20	250	—	~ 260
28. 2. 56	27	249	—	~ 260
2. 3. 56	22	220	240	240
10. 3. 56	18	230	230	230
13. 3. 56	15	230	235	235
15. 3. 56	18	235	235	235
17. 3. 56	17	230	225	225
20. 3. 56	16.5	230	223	223
17. 5. 56	—	225	—	—

Fläche des Strahlers neu präzisiert, Emissionsvermögen dadurch 10% größer

22. 5. 56	19.5	230	240	239
4. 6. 56	25.7	220	240	238
18. 6. 56	19.8	251	262	238
27. 6. 56	19.7	245	253	230
28. 6. 56	19.7	245	245	230
7. 9. 56	21.9	230	235	230
9. 9. 56	22.7	225	250	227
20. 9. 56	20.9	235	252	229
20. 11. 56	20.8	232	245	223
20. 1. 57	23.4	226	254	231

Zeilende Konstante der Empfindlichkeit des Standardempfängers Nr. 12 am Wasserkasten.

4) Anstelle der früher verwandten Bezeichnung „Gütefaktor“ ist es besser, das Wort „Leistungsfaktor“ zu verwenden, um eine Konfusion mit dem Gütebegriff unseres DAMG zu vermeiden.

5) Diese Meßmethode wurde von unserem wissenschaftlichen Mitarbeiter Dr. H. M. Bolz vorgeschlagen.

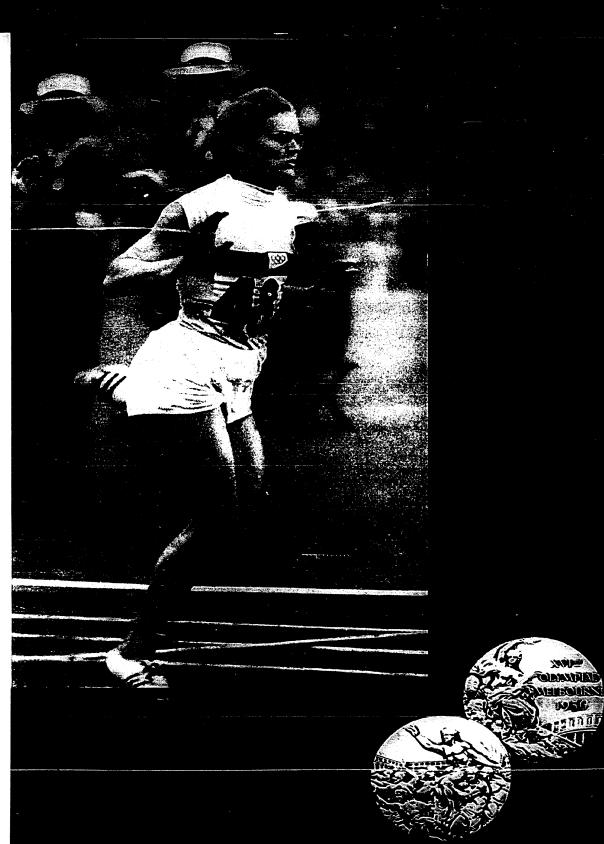
6) Der Verlustfaktor ist hier der Faktor, mit dem die Energieströme zu multiplizieren sind, um die Verluste zu berücksichtigen.

7) Nach einem Vorschlag unseres Laboringenieurs K. Prinz.

8) Zimmertemperatur nicht ermittelt, vermutlich aber größer als 18° .

Literaturverzeichnis

- [1] Jenae Rundschau, H. 1, 1956, 8.
- [2] E. S. Johansen, Ann. d. Phys., 33, 1910, 520.
- [3] L. Geiling, ZS f. angew. Phys., 3, 467 (1951), ATM, Blatt 1240-2 (Nov. 1955).
- [4] M. Telkes, J. Appl. Phys., 18 (1947), 1120, Gl. (9).
- [5] A. F. Joffe, Poluprovodnikovye termoelementy. Moskau und Leningrad 1956, S. 46, Gl. (30).
- [6] F. Kurbaum, Wied. Ann. 67, 846 (1899).





as Ernst-Abbe-Sportfeld ist eines

der schönsten Sportstadien Deutschlands. Es ist ein einziger Sportpark

in einem buschheckenumzauten Gelände von 112000 qm,

das harmonisch in die reizvolle Landschaft der Saalewiesen eingebettet liegt.

Seine gepflegten Sportfelder und Wettkampfeinrichtungen

sind die Stätten reichen sportlichen Lebens

der Sparten und Sektionen aller Disziplinen der Betriebssportgemeinschaft

Motor Carl Zeiss Jena und des Sportclubs Motor Jena.

Das Ernst-Abbe-Sportfeld ist zugleich

Kampfstätte vieler nationaler und internationaler Sportwettbewerbe

Eigentum der Carl-Zeiss-Stiftung, werden das Ernst-Abbe-Sportfeld und alle seine neuzeitlichen Einrichtungen

vom VEB Carl Zeiss Jena standig verbessert und unterhalten zum Wohle von mehr als 3500 aktiven Zeiss-Sportlern

und zur Freude von tausenden von begeisterten Sportanhangern unter den Zeiss-Werksangehörigen.

